



Conservação e Reabilitação Térmica de edifícios / Estudo de Desempenho Energético

LUÍS MANUEL AFONSO FERNANDES

Outubro de 2020

CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO TÉRMICA DE EDIFÍCIOS

ESTUDO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

LUÍS MANUEL AFONSO FERNANDES

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Carlos Rodrigues Campeão

OUTUBRO DE 2020

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Agradecimentos.....	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas	xix
Abreviaturas.....	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Legislação.....	9
CAPÍTULO 3 Estudo de desempenho energético (situação inicial).....	23
CAPÍTULO 4 Estudo de desempenho energético (soluções propostas).....	45
CAPÍTULO 5 Considerações finais	65
Referências Bibliográficas	79
Anexo I – Fracção “H” (Situação inicial)	81
Anexo II – Fracção “I” (Situação inicial).....	95
Anexo III – Fracção “H” (Solução proposta)	109
Anexo IV – Fracção “I” (Solução proposta)	123

RESUMO

O património edificado destinado a habitação, apresenta diversas deficiências ao nível do conforto térmico e patologias associadas a este fenómeno, que estão relacionadas com a envolvente exterior e sistemas instalados no edifício, nomeadamente: isolamento térmico insuficiente, vãos envidraçados com fraco desempenho térmico, sistemas para águas quentes sanitárias pouco eficientes, ausência de sistemas de climatização e deficiente taxa de renovação do ar interior.

Existem razões que podem justificar o fraco desempenho dos edifícios, algumas de ordem cultural outras de carácter financeiro, no entanto, os métodos e soluções construtivas actuais e as exigências regulamentares recentes, estabelecem padrões de qualidade e conforto que o mercado exige e o sector da construção acompanha e implementa nos edifícios novos e existentes, beneficiando lentamente o património edificado quando sujeito a intervenção.

A localização geográfica do nosso País, na extremidade ocidental da Europa, à beira mar plantado, com condições climáticas amenas e muitas horas de sol, foram atrasando a implementação de soluções construtivas inovadoras com a introdução de técnicas que tratassem de forma adequada a envolvente exterior e a colocação de sistemas de climatização para aquecimento ou arrefecimento.

A pobreza energética traduz a incapacidade financeira de grande parte da população manter a habitação em condições de conforto térmico para os seus utilizadores, porque os sistemas de climatização, quando existem, em conjunto com a envolvente exterior são pouco eficientes o que provoca aumento da energia consumida, tornando os edifícios insustentáveis no que diz respeito às necessidades energéticas.

Pretende-se com este projecto, fazer o estudo no âmbito do REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação para a reabilitação de um edifício existente cumprindo os requisitos legais, procurando soluções construtivas adequadas e equipamentos eficientes, promovendo o conforto térmico para os seus utilizadores no interior do edifício.

Palavras-chave: reabilitação de edifícios, desempenho energético, projecto de térmica (REH), sustentabilidade

ABSTRACT

Built-up heritage and old buildings to be used as a household show several deficiencies thermic wise. There are several pathologies associated with this phenom that are both related with the external environment and systems installed in the building, such as: insufficient thermal insulation, glazed windows with poor thermal performance, inefficient hot water sanitary systems, lack of climatization systems and lack of interior air renovation.

There are various reasons that can justify the poor performance of these buildings, both in a cultural or financial perspective. However, nowadays, the current methods and building solutions and the recent regulatory demands, establish quality and comfort standards that meet the market expectations and with which the construction sector keeps up in new and existing buildings, slowly benefiting heritage and old buildings that are subject to intervention.

The geographic location of our Country, in the western extremity of Europe, right next to the sea with moderate climate conditions and abundant sunlight hours, delayed the implementation of innovative building solutions that used techniques to properly face the external environment and climatization systems.

The energy deficiency is related to the fact that most of the population is unable to keep the buildings comfortable thermic wise due to the lack of financial capabilities. When climatization systems do exist, they are not efficient, which increases the energy consumption, and consequently causes building maintenance to have unsustainable energetic needs.

This project's goal is to make a study of the Regulation of Energetic Performance for Housing Buildings to rehabilitate an existing building, following the legal requirements and looking for adequate building solutions and efficient equipment, promoting the thermal comfort of its users.

Keywords: building rehabilitation, energetic performance, thermal project, sustainability

AGRADECIMENTOS

À minha família!

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Considerações iniciais	1
1.1.1	Edifícios antigos	2
1.1.2	Edifícios recentes	3
1.2	Principais deficiências	5
1.3	Programas e instrumentos financeiros	5
1.4	Objectivos.....	6
1.5	Metodologia	6
1.5.1	Legislação	6
1.5.2	Programas e ferramentas informáticas.....	6
1.5.3	Caso de estudo	6
1.6	Estrutura do trabalho.....	8
1.6.1	Legislação	8
1.6.2	Situação inicial	8
1.6.3	Solução proposta	8
1.6.4	Conclusão	8
1.6.5	Anexos.....	8
CAPÍTULO 2	Legislação.....	9
2.1	Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação.....	9
2.1.1	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.....	10
2.1.2	Transferência de calor por transmissão através da envolvente (Inverno).....	10
2.1.3	Perdas de calor por renovação do ar (Inverno)	11

2.1.4	Ganhos térmicos úteis (Inverno)	11
2.1.5	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento	12
2.1.6	Transferência de calor por transmissão (Verão)	13
2.1.7	Transferência de calor por renovação do ar (Verão)	13
2.1.8	Ganhos térmicos (Verão)	14
2.1.9	Preparação de AQS	15
2.1.10	Fontes de energia renovável	15
2.1.11	Factores de conversão entre energia útil e energia primária	16
2.1.12	Necessidades Nominais da Energia Primária de um Edifício.....	16
2.1.13	Zonas Climáticas	17
2.1.14	Parâmetros térmicos.....	18
2.1.15	Requisitos comportamento técnico e eficiência	19
2.1.16	Classe Energética	21
CAPÍTULO 3	Estudo de desempenho energético (situação inicial).....	23
3.1	Dados climáticos	23
3.2	Águas quentes sanitárias	23
3.3	Espaços não úteis (ENU's)	24
3.4	Definição da envolvente	25
3.5	Envolvente opaca vertical exterior	30
3.5.1	PDE1A - Parede dupla exterior (existente).....	31
3.5.2	PDE2A - Parede dupla exterior (existente).....	31
3.5.3	PDE3A - Parede dupla exterior (existente).....	32
3.5.4	Pontes térmicas planas (existente).....	33
3.5.5	Pontes térmicas lineares	35
3.6	Envolvente opaca vertical interior.....	36
3.6.1	PDI1A - Parede dupla interior (existente)	36
3.6.2	PSI1A - Parede simples interior (existente).....	37

3.6.3	Pontes térmicas planas (existente)	38
3.6.4	Vãos opacos interiores (existente)	39
3.7	Envolvente opaca horizontal interior.....	39
3.7.1	CBI1A – Cobertura interior (existente).....	39
3.8	Elementos interiores da habitação	40
3.8.1	Paredes de separação entre fracções (existente).....	40
3.8.2	Lajes de separação entre fracções (existente)	40
3.8.3	Paredes divisórias (existente).....	41
3.9	Elementos envidraçados	41
3.9.1	Vãos envidraçados verticais exteriores (existente)	41
3.10	Sistemas técnicos	42
3.10.1	Sistemas para produção de AQS (existente)	42
3.10.2	Sistemas para climatização (existente).....	42
3.11	Taxa de renovação do ar.....	42
CAPÍTULO 4	Estudo de desempenho energético (soluções propostas).....	45
4.1	Envolvente opaca vertical exterior	45
4.1.1	PDE1B - Parede dupla exterior (proposta)	45
4.1.2	PDE2B - Parede dupla exterior (proposta)	47
4.1.3	Pontes térmicas planas (proposta)	48
4.2	Envolvente opaca vertical interior	53
4.2.1	PDI1B - Parede dupla interior (proposta).....	53
4.2.2	PSI1B - Parede simples interior (proposta)	55
4.2.3	Pontes térmicas planas (proposta)	56
4.2.4	Vãos opacos interiores (proposta).....	58
4.3	Envolvente opaca horizontal interior.....	58
4.3.1	CBI1B – Cobertura interior (proposta)	58
4.4	Elementos interiores da habitação	60

4.4.1	Paredes de separação entre fracções (proposta)	60
4.4.2	Lajes de separação entre fracções (proposta).....	60
4.4.3	Paredes divisórias (proposta)	61
4.5	Elementos envidraçados	61
4.5.1	Vãos envidraçados verticais exteriores (proposta).....	61
4.6	Sistemas técnicos.....	62
4.6.1	Sistema para produção de AQS (proposta)	63
4.6.2	Sistemas para climatização (proposta)	64
4.7	Taxa de renovação do ar	64
CAPÍTULO 5	Considerações finais.....	65
5.1	Resultados	67
5.1.1	Situação inicial - Fracção “H”	67
5.1.2	Situação inicial - Fracção “I”	68
5.1.3	Soluções propostas - Fracção “H”	69
5.1.4	Soluções propostas - Fracção “I”	70
5.1.5	Comparativo	71
5.2	Conclusões.....	76
5.3	Desenvolvimentos Futuros.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Edifício antigo (Exemplo A)	3
Figura 1.2- Edifício antigo (Exemplo B)	3
Figura 1.3- Edifício antigo (Exemplo C)	3
Figura 1.4 - Edifício recente (Exemplo A)	4
Figura 1.5 – Edifício recente (Exemplo B)	4
Figura 1.6- Edifício recente (Exemplo C)	4
Figura 1.7 - Planta do piso tipo (1.º, 2.º, 3.º e 4.º andar)	7
<i>Figura 2.1 - Zonas Climáticas (Diário da República Electrónico)</i>	<i>17</i>
Figura 2.2 – Requisitos energéticos ($U_{máx}$) (Diário da República Electrónico)	19
Figura 2.3 - Requisitos de qualidade térmica ($U_{máx}$) (Diário da República Electrónico)	19
Figura 2.4 – Soluções de referência de sistemas (Diário da República Electrónico)	20
Figura 2.5 – Espessuras mínimas de isolamento das tubagens (mm) (Diário da República Electrónico) ...	20
Figura 3.1 – Corte 1.....	24
Figura 3.2 - Legenda de cores e tramas “convencionais”	25
Figura 3.3 - Envolvente das fracções (Planta do Piso 4).....	26
Figura 3.4 - Envolvente das fracções (Corte 1)	27
Figura 3.5 - Envolvente das fracções (Corte 2)	27
Figura 3.6 - Identificação das soluções construtivas.....	29
Figura 3.7 - Constituição da parede PDE1A.....	31
Figura 3.8 – Constituição da parede PDE2A	32
Figura 3.9 - Constituição da parede PDE3A.....	33
Figura 3.10 - Constituição da PTPE1A	34

Figura 3.11 - Constituição da PTPE2A	34
Figura 3.12 - Constituição da PTPE3A	35
Figura 3.13 – Constituição da parede PDI1A	37
Figura 3.14 – Constituição da parede PSI1A	38
Figura 3.15 - Constituição da PTPI1A/PTPI2A.....	39
Figura 3.16 - Constituição da CBI1A.....	40
Figura 3.17 – Indicação das dimensões relevantes para avaliar a protecção ao vento da fracção.....	43
Figura 4.1 – Constituição da parede PDE1B (proposta)	46
Figura 4.2 – Constituição da parede PDE2B (proposta)	47
Figura 4.3 – Constituição da PTPE1B (proposta)	49
Figura 4.4 – Constituição da PTPE2B (proposta)	50
Figura 4.5 - Constituição da PTPE3B (proposta)	51
Figura 4.6 - Constituição da PTPE4B (proposta)	52
Figura 4.7 – Constituição da PDI1B (proposta).....	54
Figura 4.8 – Constituição da PSI1B (proposta)	55
Figura 4.9 - Constituição da PTPI1B/PTPI2B (proposta).....	57
Figura 4.10 – Constituição da CBI1B (proposta)	59
Figura 4.11 – Esquema da ventilação	64
Figura 5.1 – Modelo BIM.....	65
Figura 5.2 – Ambiente do programa Cypetherm REH.....	66
Figura 5.3 - Indicadores energéticos (Situação inicial - Fracção “H”)	67
Figura 5.4 - Indicadores de desempenho (Situação inicial - Fracção “H”)	68
Figura 5.5 - Indicadores de aquecimento (Situação inicial - Fracção “H”)	68
Figura 5.6 - Indicadores de arrefecimento (Situação inicial - Fracção “H”)	68
Figura 5.7 - Indicadores energéticos (Situação inicial - Fracção “I”).....	68
Figura 5.8 - Indicadores de desempenho (Situação inicial - Fracção “I”).....	69
Figura 5.9 - Indicadores de aquecimento (Situação inicial - Fracção “I”)	69

Figura 5.10 - Indicadores de arrefecimento (Situação inicial - Fracção “I”)	69
Figura 5.11 - Indicadores energéticos (Situação proposta - Fracção “H”)	69
Figura 5.12 - Indicadores de desempenho (Solução proposta - Fracção “H”)	70
Figura 5.13 - Indicadores de aquecimento (Solução proposta - Fracção “H”)	70
Figura 5.14 - Indicadores de arrefecimento (Solução proposta - Fracção “H”).....	70
Figura 5.15 - Indicadores energéticos (Situação proposta - Fracção “I”).....	70
Figura 5.16 - Indicadores de desempenho (Solução proposta - Fracção “I”).....	71
Figura 5.17 - Indicadores de aquecimento (Solução proposta - Fracção “I”).....	71
Figura 5.18 - Indicadores de arrefecimento (Solução proposta - Fracção “I”)	71
Figura 5.19 – Fracção “H”: Gráfico indicadores energéticos.....	72
Figura 5.20 - Fracção “I”: Gráfico indicadores energéticos.....	72
Figura 5.21 – Fracção “H”: Gráfico indicadores de desempenho.....	73
Figura 5.22 - Fracção “I”: Gráfico indicadores de desempenho	74
Figura 5.23 - Fracção “H”: Gráfico indicadores de aquecimento	74
Figura 5.24 - Fracção “I”: Gráfico indicadores de aquecimento.....	75
Figura 5.25 - Fracção “H”: Gráfico indicadores de arrefecimento.....	75
Figura 5.26 - Fracção “I”: Gráfico indicadores de arrefecimento	76

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Factor de orientação para as diferentes exposições, X_j</i>	12
<i>Tabela 2.2 - Critérios Zona Climática de Inverno</i>	17
<i>Tabela 2.3 - Critérios Zona Climática de Verão</i>	17
<i>Tabela 2.4 - Classe Energética</i>	21
Tabela 3.1 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr}	24
Tabela 3.2 – Caracterização dos espaços não úteis	25
Tabela 3.3 – Identificação das soluções construtivas	28
Tabela 3.4 – Valores das resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{sj}	30
Tabela 3.5 – Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares	36
Tabela 3.6 – Classes de inércia térmica	40
Tabela 4.1 – PDE1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	46
Tabela 4.2 – PDE2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	48
Tabela 4.3 – PTPE1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	49
Tabela 4.4 – PTPE2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	50
Tabela 4.5 – PTPE3B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	51
Tabela 4.6 – PTPE4B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	52
Tabela 4.7 - PDI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	54
Tabela 4.8 - PSI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	55
Tabela 4.9 – PTPI1B / PTPI2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	57
Tabela 4.10 - CBI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)	59
Tabela 4.11 – Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$	60
Tabela 4.12 – Factor solar verificação dos requisitos mínimos	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.13 – Isolamento térmico das tubagens AQS	63
Tabela 5.1 – Comparativo: Indicadores energéticos	71
Tabela 5.2 - Comparativo: Indicadores de desempenho	73

ABREVIATURAS

ADENE – Agência para a Energia;

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

BIM – Building Information Modeling (Modelação de Informação em Edifício);

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia;

DRE – Diário da Republica Electrónico;

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems (Sistema Composto de Isolamento Térmico Exterior);

IFRRU – Instrumento de Financiamento para a Reabilitação e Revitalização Urbanas;

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PES – Pequeno Edifício de Serviços;

PNEC2030 – Plano Nacional de Energia e Clima;

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O retrato do parque edificado actual, com as deficiências e anomalias associadas é descrito de forma notável por (Vasco Peixoto Freitas, 2012):

“Portugal conheceu, nas últimas décadas, um volume de construção nova sem precedentes. Os erros de gestão urbanística e a política financeira conduziram à degradação dos centros urbanos, verificando-se o abandono dos edifícios antigos, enquanto a habitação se deslocou para edifícios novos que ofereciam padrões de conforto e preço mais atractivos. As gerações de engenheiros que atravessaram esta época tiveram uma formação mais vocacionada para a construção nova e orientada para as áreas de conhecimento tradicionais (estruturas, hidráulica, vias de comunicação e planeamento), sem que a física das construções tivesse, nos curricula académicos, o estatuto que a qualidade das construções reclamava e só mais recentemente foi sendo reconhecido. Criámos assim, um parque edificado de edifícios recentes com patologias significativas, sobretudo ao nível da envolvente, ao lado dos edifícios antigos muito degradados.”

Desde a retoma da crise financeira e imobiliária desencadeada no ano 2007 que arrastou instituições financeiras e empresas de diversos sectores, incluindo o sector de construção civil, para situações de insolvência, temos aproximadamente uma década de crescimento impulsionado pelo turismo, muitos edifícios degradados nos centros urbanos estão a ser alvo de recuperação, em que se espera que seja aplicado o conhecimento de física das construções e legislação em vigor, nomeadamente o regulamento do desempenho energético dos edifícios (REH ou RECS), procurando soluções construtivas sustentáveis e apostando sobretudo em soluções passivas sem custo energético associado à utilização do edifício.

Actualmente, em situação de pandemia desde o primeiro trimestre de 2020, o sector da construção civil continua activo na expectativa da restituição da “normalidade”, com o regresso do motor do turismo com elevada responsabilidade na recuperação económica do País.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No panorama nacional podemos separar o conjunto edificado por época, em função do sistema construtivo, podendo ser o conceito de edifícios antigos segundo (Vasco Peixoto Freitas, 2012):

“Entende-se por edifícios antigos todos os que foram construídos antes da generalização da aplicação das estruturas de betão armado que passaram a ser muito frequentes a partir da segunda guerra mundial. Inclui-se neste grupo de edifícios o património monumental, edifícios classificados e o património edificado corrente em que a pedra, a madeira, a cal e o vidro são materiais dominantes”

Por outro lado, podemos identificar o período de transição estrutural com a introdução do betão armado nos edifícios, sendo a sua classificação segundo (Cóias, 2006):

“De uma forma mais simples, podem dividir-se os edifícios em apenas dois grandes grupos, consoante a época de construção:

- *Edifícios recentes: ano de construção > 1945.*
- *Edifícios antigos: ano de construção < 1945.”*

Relativamente aos edifícios antigos, (Cóias, 2006) acrescenta:

“De entre os edifícios antigos, é conveniente considerar, sem grande rigidez, as seguintes divisões, segundo a sua função:

- *Militares (castelos, fortalezas, torres)*
- *Religiosos (igrejas, conventos, etc.)*
- *Civis:*
 - *Habitações nobres (palácios, solares, etc.)*
 - *Habitações correntes (construções urbanas)”*

Independentemente da classificação relativamente ao período de transição estrutural, serão essencialmente as habitações correntes com função civil o objecto principal do nosso trabalho.

A conservação e reabilitação térmica de edifícios deverá ser realizada de acordo com as características específicas de cada edifício, mas de uma forma generalizada podemos considerar uma intervenção interior para os edifícios antigos e intervenção exterior para os edifícios modernos.

1.1.1 Edifícios antigos

Neste conjunto podemos identificar particularidades arquitectónicas que podem impossibilitar a intervenção pelo exterior, para salvaguarda do património, respeitando a fachada existente e mantendo as características dos materiais incorporados: cantaria, azulejo, guardas em ferro e caixilharia em madeira, conforme apresentado nas figuras: Figura 1.1, Figura 1.2 e Figura 1.3 alguns exemplos deste tipo de edifícios.



Figura 1.1 - Edifício antigo (Exemplo A)



Figura 1.2- Edifício antigo (Exemplo B)



Figura 1.3- Edifício antigo (Exemplo C)

1.1.2 Edifícios recentes

Estes edifícios de construção mais recente, em princípio, caso não existam restrições específicas, poderão ser intervencionados pelo exterior proporcionando melhoria significativa do comportamento térmico da envolvente exterior e mantendo a inércia térmica do edifício.

Apresentam-se nas figuras: Figura 1.4, Figura 1.5 e Figura 1.6 alguns exemplos deste tipo de edifícios.



Figura 1.4 - Edifício recente (Exemplo A)



Figura 1.5 – Edifício recente (Exemplo B)



Figura 1.6- Edifício recente (Exemplo C)

1.2 PRINCIPAIS DEFICIÊNCIAS

O conjunto edificado destinado a habitação, apresenta deficiências ao nível do conforto térmico e anomalias associadas a este fenómeno, que estão relacionadas com a envolvente exterior e sistemas instalados no edifício, nomeadamente:

- Paredes sem isolamento térmico ou insuficiente;
- Caixilharia deficiente;
- Envidraçado (vidro simples sem características térmicas);
- Pavimentos e coberturas sem isolamento térmico;
- Sistemas de AQS pouco eficientes;
- Ausência de sistemas de climatização;
- Elevado nível de teor de humidade;
- Fraca taxa de renovação do ar.

1.3 PROGRAMAS E INSTRUMENTOS FINANCEIROS

No panorama actual, com o objectivo de abrandar as emissões de gases com efeito de estufa que será a principal causa do fenómeno do aquecimento global com impacto directo nas alterações climáticas, existem alguns instrumentos financeiros e programas de incentivos que visam estimular a reabilitação urbana promovendo a utilização de soluções que melhorem o desempenho energético dos edifícios.

O IFRRU – Instrumento Financeiro para Reabilitação e Revitalização Urbanas, recorre a fundos europeus estruturais e de investimento e está vocacionado para grandes intervenções e projectos de grande escala, com financiamento para investimento a taxas de juro bastante atractivas.

O Fundo Ambiental, para a mitigação das alterações climáticas, tem um programa de apoio a edifícios mais sustentáveis, que atribui incentivos em função da tipologia de intervenção, que podem ser janelas, isolamento térmico, sistemas de climatização e AQS. Este incentivo, com taxa de comparticipação de 70% e com limites estabelecidos em função da tipologia de intervenção, será direccionado para obras em habitação própria, em que apenas os proprietários podem apresentar candidatura, devendo fazer evidência da intervenção realizada e documentação relativa aos materiais e equipamentos utilizados para verificar elegibilidade no programa.

1.4 OBJECTIVOS

Pretende-se com este trabalho adquirir conhecimento da legislação em vigor, desenvolver conceitos e utilizar ferramentas adequadas para o estudo de desempenho energético de determinado edifício, com a expectativa de manusear com alguma facilidade programas e instrumentos disponíveis para projectos que envolvam conservação ou reabilitação de edifícios, optimizando procedimentos e metodologia de cálculo em função das soluções construtivas adoptadas, em processos que envolvam projectos de térmica, no âmbito do sistema nacional de certificação energética.

1.5 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho, vamos de forma sequencial estudar a legislação, fundamental para iniciar o trabalho, assimilar alguns conceitos e desenvolver competências para realizar procedimentos necessários para o estudo de desempenho energético com aplicação no caso de estudo.

1.5.1 Legislação

No capítulo 2, fazemos referência à legislação essencial para a elaboração do estudo de desempenho energético, no âmbito do SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

1.5.2 Programas e ferramentas informáticas

O estudo de desempenho energético foi realizado com auxílio da ferramenta folha de cálculo do ITEcons, embora também tenha sido experimentado o programa CypeTherm REH do Cype, todos os cálculos apresentados foram obtidos com a folha de cálculo.

1.5.3 Caso de estudo

O edifício de habitação multifamiliar e comércio, que vai ser alvo do nosso estudo, pertence à categoria dos edifícios recentes, com estrutura de betão armado e a sua construção data da década de 1970.

O edifício é constituído por cinco níveis, nomeadamente: r/chão, 1.º andar, 2.º andar, 3.º andar e 4.º andar. Ao nível do primeiro andar, o apartamento que fica nas traseiras do edifício tem um terraço contíguo ao logradouro em zona ajardinada.

O desvão de telhado é um espaço fortemente ventilado sem qualquer utilização.

O estabelecimento comercial no r/chão não faz parte deste estudo porque se trata de um PES – Pequeno Edifício de Serviços e seria enquadrado no RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

Os pisos superiores são constituídos por dois apartamentos por piso num total de oito apartamentos semelhantes, compostos por zonas de circulação, cozinha/sala, arrumo, dois quartos e instalação sanitária, com excepção da fracção do 1.º andar que tem acesso ao terraço, na parte posterior do edifício.

Seria pouco pertinente e demasiado exaustivo fazer o estudo para o edifício inteiro, abrangendo a totalidade das fracções, desta forma optou-se pelas fracções “H” e “I” localizadas do 4.º andar, com orientações solares opostas e em princípio com mais necessidades de energia pelas características da sua envolvente exterior, conforme planta do piso tipo apresentada na Figura 1.7.

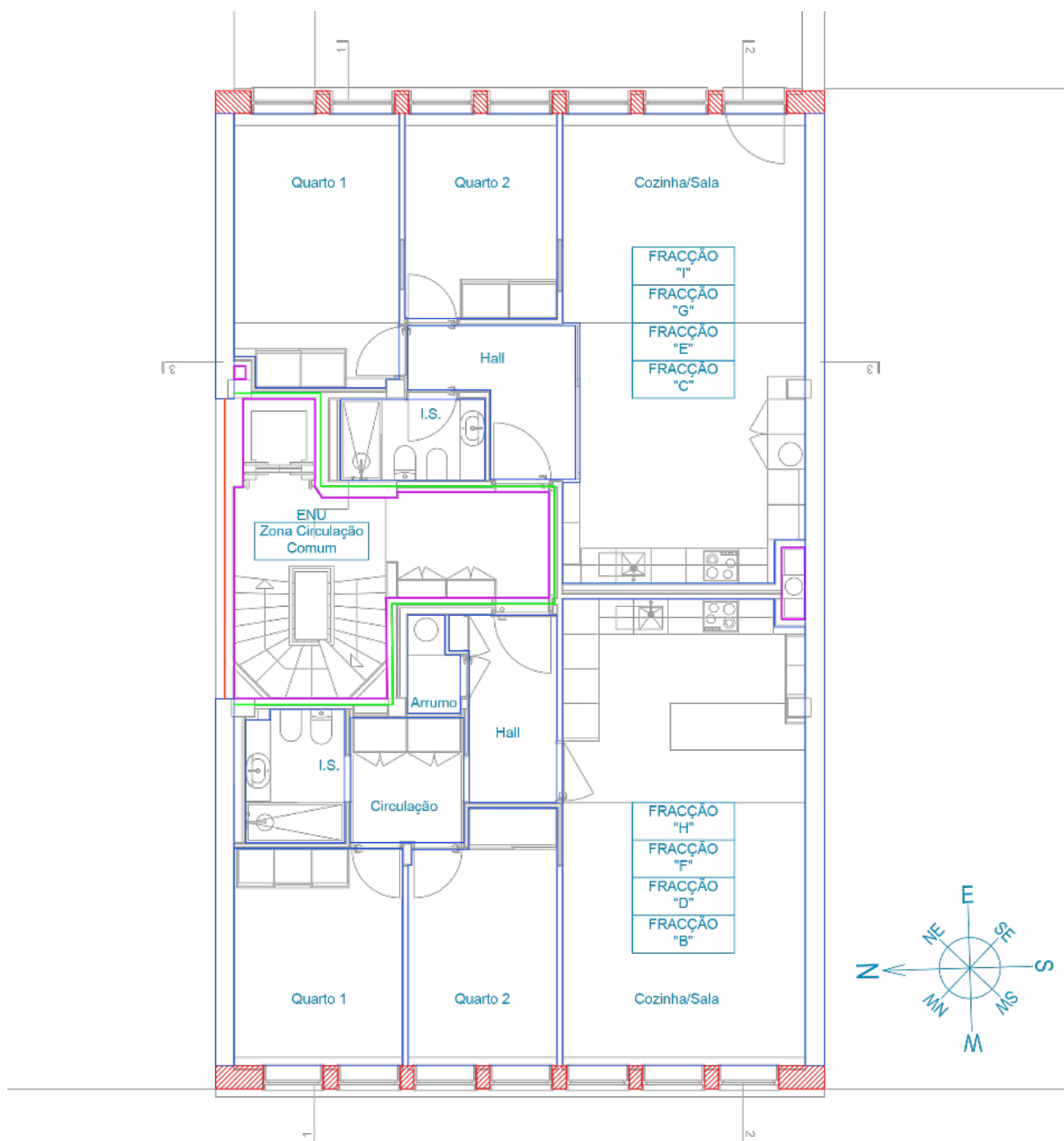


Figura 1.7 - Planta do piso tipo (1.º, 2.º, 3.º e 4.º andar)

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

As fases do estudo de desempenho energético alvo deste projecto, podem ser divididas em quatro processos distintos, mas interligados e sequenciais, desde a abordagem à legislação actual, enquadramento do edifício na situação inicial, ao desenvolvimento com propostas para intervenção no edifício, análise de resultados e anexos respectivos.

1.6.1 Legislação

Estudo e compilação da legislação em vigor, no âmbito Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto com as suas alterações e actualizações.

1.6.2 Situação inicial

A primeira abordagem será a caracterização do edifício existente para verificar as necessidades nominais anuais de energia o edifício, fazendo o levantamento dimensional, definição da envolvente exterior e interior com as suas especificidades, identificar as soluções construtivas e vãos envidraçados existentes, bem como os sistemas instalados para águas quentes sanitárias ou climatização.

1.6.3 Solução proposta

Após a primeira análise, será elaborado o estudo com proposta de intervenção na envolvente exterior e interior com soluções construtivas a adoptar e novos sistemas a instalar, no sentido de verificar a redução das necessidades anuais de energia e cumprimento dos requisitos do REH.

1.6.4 Conclusão

Avaliação da classe energética e análise do diferencial das necessidades anuais de energia com as alterações propostas, através da elaboração de tabelas e gráficos comparativos com os valores dos indicadores energéticos, indicadores de desempenho e indicadores de aquecimento e arrefecimento.

1.6.5 Anexos

No final do trabalho são apresentados os resultados obtidos directamente da folha de cálculo do ITEcons, para ambas as fracções em situação e inicial e solução proposta.

CAPÍTULO 2

LEGISLAÇÃO

A eficiência energética é um tema bastante actual com metas de descarbonização, definidas no Acordo Paris e PNEC2030 – Plano Nacional de Energia e Clima traçando linhas de actuação para o horizonte 2021-2030, promovendo a sustentabilidade com a crescente utilização de energias renováveis, da qual realçamos a mensagem com a visão estratégica:

“Promovendo a DESCARBONIZAÇÃO da economia e a TRANSIÇÃO ENERGÉTICA visando a NEUTRALIDADE CARBÓNICA em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e uso eficiente de recursos” (PNEC2030 - Plano Nacional de Energia e Clima, 2019)

Os edifícios, independentemente da sua tipologia (comércio, serviços ou habitação) devem proporcionar conforto aos seus utilizadores, respeitando as exigências de desempenho energético de acordo com a legislação em vigor.

Neste projecto vamos abordar os edifícios destinados a habitação, que estão no âmbito do REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, legislação que está constantemente a ser alterada, em função de directivas comunitárias, e portanto, encontra-se dispersa em diversos Decretos-Lei, Portarias e Despachos, que transcrevemos nos pontos seguintes de forma pouco exaustiva e que será mencionada no desenvolvimento deste trabalho.

A listagem de legislação em vigor na área do edifícios no âmbito do SCE, REH e RECS, encontra-se disponível no sítio do sistema de certificação energética (ADENE - Agência para a Energia).

2.1 REGULAMENTO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

O Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto, visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Conforme referido anteriormente, este trabalho incide apenas nos edifícios de habitação, portanto, no âmbito de aplicação do REH.

Para aferir as necessidades de um determinado edifício, é calculado o valor nominal de energia útil, conforme Despacho n.º15793-I/2013 de 03 de Dezembro, no entanto, temos duas situações: Inverno e Verão, em função da estação de aquecimento e arrefecimento respectivamente.

2.1.1 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício, é dado pela expressão seguinte:

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad [kWh/m^2.ano] \quad (2.1)$$

onde:

$Q_{tr,i}$ — Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh];

$Q_{ve,i}$ — Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [kWh];

$Q_{gu,i}$ — Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh];

A_p — Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, [m²].

(Diário da República Electrónico)

2.1.2 Transferência de calor por transmissão através da envolvente (Inverno)

Durante a estação de aquecimento, devido ao diferencial de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a transferência de calor por transmissão global, que ocorre através da envolvente, traduz-se em perdas de calor calculadas de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad [kWh] \quad (2.2)$$

Onde:

GD_i — Número de graus-dia de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia];

$H_{tr,i}$ — Coeficiente global de transferência de calor por transmissão estação aquecimento, [W/°C];

(Diário da República Electrónico)

2.1.3 Perdas de calor por renovação do ar (Inverno)

As perdas de calor por ventilação, quando não assegurada por meios providos de recuperação de calor, correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a equação:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad [kWh] \quad (2.3)$$

onde:

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \quad [W/^{\circ}C] \quad (2.4)$$

em que:

$R_{ph,i}$ — Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, $[h^{-1}]$;

A_p — Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, $[m^2]$;

P_d — Pé direito médio da fracção, $[m]$;

$H_{ve,i}$ — Coeficiente global de transferência de calor por ventilação estação aquecimento, $[W/^{\circ}C]$;

(Diário da República Electrónico)

2.1.4 Ganhos térmicos úteis (Inverno)

A conversão da parte dos ganhos térmicos brutos que se traduzem em ganhos térmicos úteis faz-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad [kWh] \quad (2.5)$$

Em que:

η_i — Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

$Q_{g,i}$ — Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, $[kWh]$;

Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento do edifício têm duas origens, conforme a equação seguinte:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [kWh] \quad (2.6)$$

em que:

$Q_{int,i}$ — Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, $[kWh]$;

$Q_{sol,i}$ — Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, $[kWh]$;

Com exclusão do sistema de aquecimento, os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, nomeadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, e o calor dissipados nos equipamentos e dispositivos de iluminação.

Os ganhos térmicos internos são calculados, durante toda a estação de aquecimento, de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{int,i} = 0,72 \times q_{int} \times M \times A_p \quad [kWh] \quad (2.7)$$

em que:

$q_{int,i}$ — Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m²;

M — Duração média da estação convencional de aquecimento, [mês];

A_p — Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m²];

Para efeitos regulamentares, o cálculo dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento deve ser efectuado de acordo com a metodologia abaixo indicada e na qual os ganhos solares são calculados de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{sol,i} = G_{Sul} \times \sum_j \left[X_j \times \sum_n F_{s,i,nj} \times A_{s,i,nj} \right] \times M \quad [kWh] \quad (2.8)$$

Em que:

G_{SUL} — Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície, [kWh/(m².mês)];

X_j — Factor de orientação para as diferentes exposições de acordo com Tabela 2.1

$F_{s,i,nj}$ — Factor de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

$A_{s,nj}$ — Área efectiva colectora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j , [m²];

j — Índice que corresponde a cada uma das orientações;

n — Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j ;

M — Duração média da estação convencional de aquecimento [mês];

Tabela 2.1 – Factor de orientação para as diferentes exposições, X_j

Orientação do vão (j)	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

(Diário da República Electrónico)

2.1.5 Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento do edifício, é dado pela expressão seguinte:

$$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_v) \times Q_{g,v}}{A_p} \quad [kWh/m^2.ano] \quad (2.9)$$

Em que:

η_v — Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ — Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh];

A_p — Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, [m²].

(Diário da República Electrónico)

2.1.6 Transferência de calor por transmissão (Verão)

A transferência de calor por transmissão que ocorre através da envolvente calcula-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad [kWh] \quad (2.10)$$

Em que:

$H_{tr,v}$ — Coeficiente global transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, [W/°C];

$\theta_{v,ref}$ — Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

$\theta_{v,ext}$ — Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento, [°C];

L_v — Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

(Diário da República Electrónico)

2.1.7 Transferência de calor por renovação do ar (Verão)

A transferência de calor correspondente à renovação do ar interior durante a estação de arrefecimento, quando não assegurada por meios providos de recuperação de calor sem by-pass, é calculada de acordo com a equação:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad [kWh] \quad (2.11)$$

onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \quad [W/°C] \quad (2.12)$$

em que:

$R_{ph,v}$ — Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento, [h⁻¹];

A_p — Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²];

P_d — Pé direito médio da fracção, [m];

$H_{ve,v}$ — Coeficiente global de transferência de calor por ventilação estação arrefecimento, [W/°C];

(Diário da República Electrónico)

2.1.8 Ganhos térmicos (Verão)

Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de arrefecimento do edifício são obtidos pela soma de duas parcelas, conforme a seguinte equação:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad [kWh] \quad (2.13)$$

Em que:

$Q_{int,v}$ — Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, [kWh];

$Q_{sol,v}$ — Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada, [kWh];

Os ganhos térmicos internos devido aos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação durante toda a estação de arrefecimento calculam-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{int,v} = q_{int} \times A_p \times \frac{L_v}{1000} \quad [kWh] \quad (2.14)$$

em que:

q_{int} — Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície igual a 4 w/m²;

A_p — Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m²];

L_v — Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas;

Os ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calculam-se de acordo com a seguinte equação, sendo a determinação do factor de obstrução de superfícies opacas é opcional devendo, quando considerada, seguir abordagem comum à utilizada para os vãos envidraçados:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{sol,j} \times \sum_n F_{s,v,nj} \times A_{s,v,nj} \right] \quad [kWh] \quad (2.15)$$

Em que:

$G_{sol,j}$ — Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento, [kWh/m²];

$F_{s,v,nj}$ — Factor de obstrução da superfície do elemento n com orientação j;

$A_{s,v,nj}$ — Área efectiva colectora de radiação solar da superfície n com a orientação j, [m²];

j — Índice que corresponde a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

n — Índice que corresponde a cada um dos elementos opacos e envidraçados com orientação j;

(Diário da República Electrónico)

2.1.9 Preparação de AQS

A energia útil necessária para a preparação de águas quentes sanitárias durante um ano será calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (2.16)$$

em que:

ΔT — Aumento de temperatura necessário para a produção de AQS e que para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35 °C;

n_d — Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera 365 dias;

Nos edifícios de habitação, o consumo médio diário de referência será calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \quad [\text{litros}] \quad (2.17)$$

em que:

n — Número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma, definido em função da tipologia da fracção 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} — Factor de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$;

(Diário da República Electrónico)

2.1.10 Fontes de energia renovável

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios, segundo o Despacho n.º15793-H/2013 de 03 de Dezembro, procede à publicação das regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema:

- Sistemas solares térmicos;
- Sistemas solares fotovoltaicos;
- Sistemas eólicos;
- Biomassa;
- Geotermia;
- Mini-hídrica;
- Aerotérmica e geotérmica (bombas de calor)

2.1.11 Factores de conversão entre energia útil e energia primária

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios, segundo o Despacho n.º15793-D/2013 de 03 de Dezembro, procede à publicação dos factores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades anuais de energia primária.

(Diário da República Electrónico)

2.1.12 Necessidades Nominais da Energia Primária de um Edifício

O valor das necessidades nominais da energia primária de um edifício resulta da soma das necessidades específicas de energia primária relacionadas com diferentes usos: aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}), produção de AQS (Q_a/A_p) e ventilação mecânica (W_{vm}/A_p), deduzidas de eventuais fontes de energia renovável ($E_{ren,p}/A_p$), de acordo com a expressão seguinte:

$$N_{tc} = \sum_j \left[\sum_k \left(\frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \right] + \sum_j \left[\sum_k \left(\frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \right] + \sum_j \left[\sum_k \left(\frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \right] + \sum_j \left(\frac{W_{vm,j}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,j} - \sum_k \left(\frac{E_{ren,p}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,p} \quad [kWh_{EP}/m^2 \cdot ano] \quad (2.18)$$

Onde:

N_{ic} – Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k , [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k ;

N_{vc} – Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k , [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$F_{v,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k ;

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k , [kWh/ano];

$F_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS, supridas pelo sistema k ;

η_k – Eficiência do sistema k ;

j – Todas as fontes de energia, incluindo as de origem renovável;

p – Fontes de origem renovável;

$E_{ren,ep}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p , [kWh/ano];

W_{vm} – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento, [m^2];

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – Factor de conversão de energia útil para energia primária, [kWh_{EP}/kWh];

δ - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N_{vc}) em que pode tomar o valor 0 sempre que o factor de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respectivo factor de referência.

(Diário da República Electrónico)

2.1.13 Zonas Climáticas

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios, segundo o Despacho n.º15793-F/2013 de 03 de Dezembro, em função dos critérios definidos, divide o país em três zonas climáticas de inverno: I1, I2, I3 e em três zonas climáticas de verão: V1, V2, V3 conforme apresentado na Figura 2.1.

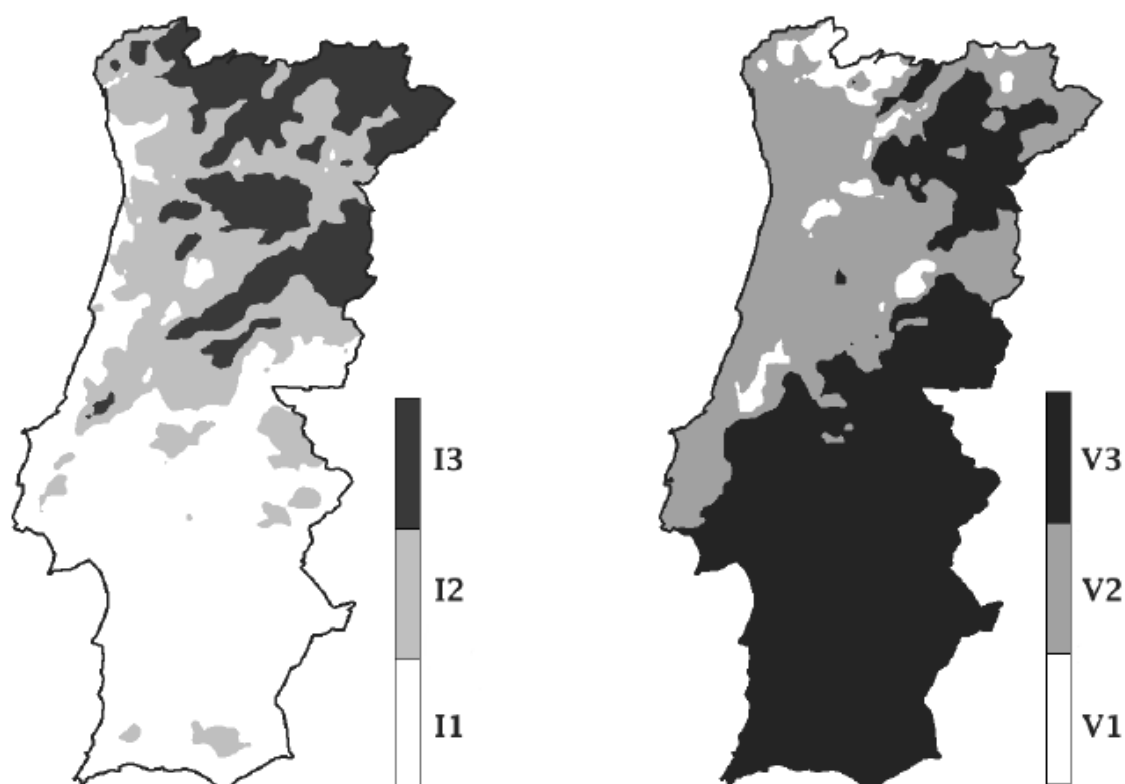


Figura 2.1 - Zonas Climáticas (Diário da República Electrónico)

Para a determinação da zona climática, são definidos os critérios que constam na Tabela 2.2 para a estação de Inverno (aquecimento) e na Tabela 2.3 para a estação de Verão (arrefecimento).

Tabela 2.2 - Critérios Zona Climática de Inverno

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 \leq GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Tabela 2.3 - Critérios Zona Climática de Verão

Critério	$\vartheta_{ext,v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \leq \vartheta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{ext,v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Os valores dos parâmetros climáticos de uma localização geográfica, são obtidos a partir de valores de referência (XRef), para cada NUTS III e ajustados com base na altitude (z) desse local, em segundo a expressão:

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^\circ\text{C}] \quad (2.19)$$

Os parâmetros climáticos pertinentes para a estação de arrefecimento (Verão), são os seguintes:

- $\vartheta_{\text{ext},v}$ - Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento;
- G_{Sul} - Energia solar média durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, [kWh/m².mes].

Os parâmetros climáticos pertinentes para a estação de aquecimento (Inverno), são os seguintes:

- GD - Número de graus-dias, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento;
- M - Duração de estação de aquecimento;
- $\vartheta_{\text{ext},i}$ - Temperatura exterior média, [°C] ;
- I_{Sol} - Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, [kWh/m²].

(Diário da República Electrónico)

2.1.14 Parâmetros térmicos

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios, segundo o Despacho n.º15793-K/2013 de 03 de Dezembro, procede à publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos seguintes valores:

- Coeficiente global de transferência de calor;
- Coeficiente de transmissão térmica superficial;
- Coeficiente de transmissão térmica linear;
- Coeficiente de absorção da radiação solar;
- Factor de utilização de ganhos;
- Quantificação da inércia térmica;
- Factor solar de vãos envidraçados;
- Factor de obstrução da radiação solar;
- Fração envidraçada;
- Factor de correção da selectividade angular dos envidraçados;
- Coeficiente de redução de perdas;
- Taxa de renovação do ar;

(Diário da República Electrónico)

2.1.15 Requisitos comportamento técnico e eficiência

A Portaria n.º379-A/2015 de 22 de Outubro de 2015, procede à primeira alteração da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência de sistemas térmicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção.

Os requisitos energéticos para os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de elementos opacos e de vão envidraçados, da envolvente exterior ou elementos da envolvente interior com requisitos de exterior ($b_{tr} > 0.7$), são definidos na Tabela I.05B da Portaria referida, conforme Figura 2.2.

$U_{máx}$ [W/(m ² .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,80	2,40	2,20
Regiões Autónomas				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,45	0,40	0,35
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,80	2,40	2,20

Nota 1: Os requisitos indicados na presente tabela, poderão ser progressivamente atualizados até 2020, por forma a incorporar estudos referentes ao custo-benefício dos mesmos, bem como aos níveis definidos para os edifícios de necessidade de energia quase-nulas.

Nota 2: O cumprimento dos requisitos previstos ao nível dos vãos envidraçados poderá ser avaliado tendo em conta o contributo de eventuais dispositivos de proteção, podendo nesta circunstância basear-se no respetivo valor de U_{vnds} .

Figura 2.2 – Requisitos energéticos ($U_{máx}$) (Diário da República Electrónico)

Os requisitos de qualidade térmica para os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de elementos opacos e de vão envidraçados, são definidos na Tabela I.05A, conforme Figura 2.3.

$U_{m\acute{a}x}$ [W/(m ² .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 1 de dezembro 2013		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}> 0.7$	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 $b_{tr}\leq 0.7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20
Regiões Autónomas				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 1 de dezembro 2013		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	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 $b_{tr}\leq0.7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20

Figura 2.3 - Requisitos de qualidade térmica ($U_{máx}$) (Diário da República Electrónico)

Os requisitos de eficiência dos sistemas técnicos estão definidos na Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, referindo na Tabela I.03 as soluções de referência a considerar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, conforme Figura 2.4, neste caso como vamos propor um sistema com produção térmica por bomba de calor, o valor de coeficiente de desempenho (COP) de referência é igual a 2,80, sendo que o requisito de eficiência de bombas de calor para produção exclusiva de AQS terá que ser superior a 2,20, conforme referido na Portaria supracitada.

Tipo de sistema	Soluções de referência
Preparação de AQS	Considerar: - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na Tabela I.16. referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. - Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor. - Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. - Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

Figura 2.4 – Soluções de referência de sistemas (Diário da República Electrónico)

Também a Tabela I.07 do Anexo da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, refere as espessuras mínimas de isolamento das tubagens para as redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos, incluindo os sistemas de acumulação, em sistemas de climatização e/ou preparação de AQS, conforme Figura 2.5.

Apenas referir que a nota (1) para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária, pode ser considerado um valor não inferior a 10mm.

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 (1)	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
$D \leq 35$	20	20	30	40	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50	60	50	40	30
$D > 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

(1) Para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária (redes de sistemas secundários sem recirculação), pode-se considerar um valor não inferior a 10mm.

Figura 2.5 – Espessuras mínimas de isolamento das tubagens (mm) (Diário da República Electrónico)

2.1.16 Classe Energética

A classe energética, conforme Despacho n.º15793-J/2013 de 3 de Dezembro, é determinada através do rácio de classe energética (R_{Nt}), de acordo com a seguinte expressão:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad [\%] \quad (2.20)$$

Onde:

N_{tc} — Valor das necessidades nominais anuais de energia primária;

N_t — Valor limite regulamentar para necessidades nominais anuais de energia primária.

Em função do rácio de classe energética é atribuída a classificação energética correspondente ao intervalo com valores arredondados a duas casas decimais, composta por 8 classes conforme Tabela 2.4, sendo emitido pré-certificado ou certificado, conforme aplicável, no âmbito do Sistema de Certificação Energética.

Tabela 2.4 - Classe Energética

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} > 2,51$

(Diário da República Electrónico)

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO (SITUAÇÃO INICIAL)

O edifício vai ser sujeito a diversas intervenções, estando previsto introduzir melhorias na envolvente exterior opaca e vãos envidraçados, envolvente interior e alteração do sistema para águas quentes sanitárias, verificando os requisitos definidos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

3.1 DADOS CLIMÁTICOS

O edifício fica localizado no município do Porto, Região NUTS III – Grande Porto e a uma altitude de 98 metros ($z=0,098\text{km}$), utilizando a equação (2.19) temos:

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF})$$

$$M = 6,2 + 2(0,098 - 0,094) = 6,208$$

$$GD = 1250 + 1600(0,098 - 0,094) = 1256,400 \rightarrow \text{Zona I1}$$

$$\theta_{ext,v} = 20,9 - 0(0,098 - 0,094) = 20,900 \rightarrow \text{Zona V2}$$

Conclui-se, portanto, para esta localização e altitude, que a zona climática de inverno é I1 ($GD \leq 1300$) e a zona climática de verão V2 ($20^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^\circ\text{C}$).

3.2 ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

A produção de AQS, sendo ambas as fracções de tipologia T2 com $n=3$ (2+1) e não considerando sistemas com eficiência hídrica ($f_{eh}=1$), segundo as expressões (2.16) e (2.17) temos a seguinte necessidade de energia útil para preparação de AQS:

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} = 40 \times 3 \times 1 = 120 \text{ litros}$$

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} = \frac{120 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 1782,96$$

A energia útil necessária para preparação de águas quentes sanitárias são 1782,96 kWh/ano.

3.3 ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (ENU'S)

Precisamos de identificar os espaços não úteis que estejam em contacto com as fracções em estudo, porque a envolvente contígua a esse espaço pode ser considerada com requisitos de interior ou exterior em função do coeficiente de redução de perdas, b_{tr} , definido no despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, conforme Tabela 3.1, sendo considerado envolvente interior com requisitos de interior quando $b_{tr} \leq 0,7$ e envolvente interior com requisitos de exterior quando $b_{tr} > 0,7$.

Tabela 3.1 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr}

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i / A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i / A_u < 1,0$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1,0 \leq A_i / A_u < 2,0$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2,0 \leq A_i / A_u < 4,0$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i / A_u \geq 4,0$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Caso ENU seja fortemente ventilado é considerado $b_{tr}=1.0$

Em que:

f - Ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;

F - Permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas;

Neste caso, identificamos como espaços não úteis os edifícios adjacentes com $b_{tr}=0,6$ (conforme indicado no ponto 11.2 do despacho referido), o estabelecimento comercial, zona de circulação comum e desvão de telhado, conforme ilustra a Figura 3.1.



Figura 3.1 – Corte 1

Desta forma, podemos caracterizar os espaços não úteis em função do volume, taxa de renovação do ar e da razão da área em contacto com o interior (A_i) e a área em contacto com o exterior (A_u).

A Tabela 3.2 apresenta o resultado do cálculo do b_{tr} , para os espaços não úteis, sendo que devemos considerar envolvente interior com requisitos de exterior na envolvente contigua ao estabelecimento comercial e desvão de telhado enquanto que as restantes são consideradas envolventes interiores com requisitos de interior porque $b_{tr} \leq 0,7$.

Tabela 3.2 – Caracterização dos espaços não úteis

Identificação dos Espaços Não Úteis	Volume (m ³)	A _i (m ²)	A _u (m ²)	A _i / A _u	f / F	b_{tr}
Edifício Adjacente (Norte)						0,6
Edifício Adjacente (Sul)						0,6
Comércio (R/Chão)	1318,98	123,30	263,08	0,47	F	1,0
Zona de Circulação Comum	291,00	198,88	40,43	4,92	f	0,4
Desvão de Telhado	196,00	140,20	203,66	0,69	F	1,0

3.4 DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE

É essencial definir correctamente a envolvente das fracções em estudo, em função do coeficiente de redução de perdas dos espaços não úteis do edifício, bem como a existência de edifícios adjacentes, para verificar os requisitos mínimos exigidos para cada situação.

Apesar de não existir legislação nesse sentido, é corrente utilizar tramas e cores “convencionais” para definir a tipo de envolvente que limita determinada fracção, conforme evidenciado na Figura 3.2:

- Envolvente exterior (vermelho)
- Envolvente interior com requisitos de exterior (amarelo)
- Envolvente interior com requisitos de interior (azul)
- Envolvente sem requisitos (verde)

CORES CONVENCIONAIS	TRAMAS
Envolvente Exterior Envolvente Interior com Requisitos de Exterior Envolvente Interior com Requisitos de Interior Envolvente sem Requisitos	 Cobertura Interior com requisitos de exterior  Pavimento Interior sem requisitos

Figura 3.2 - Legenda de cores e tramas “convencionais”

Após análise de todos os espaços e edifício adjacentes é definida a envolvente das fracções em estudo como indicado na planta do piso 4 e cortes conforme a Figura 3.3, Figura 3.4 e Figura 3.5.

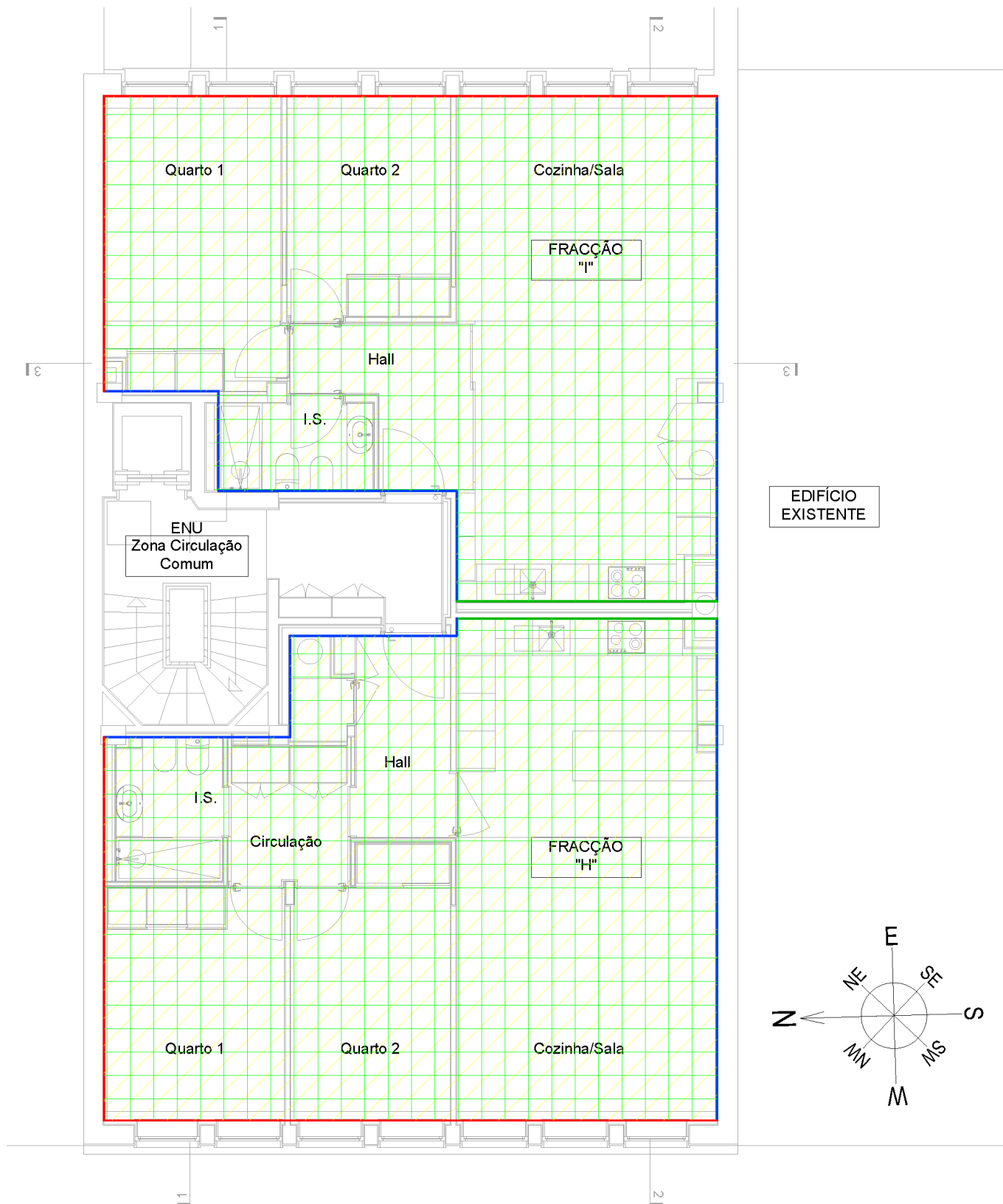


Figura 3.3 - Envolvente das fracções (Planta do Piso 4)

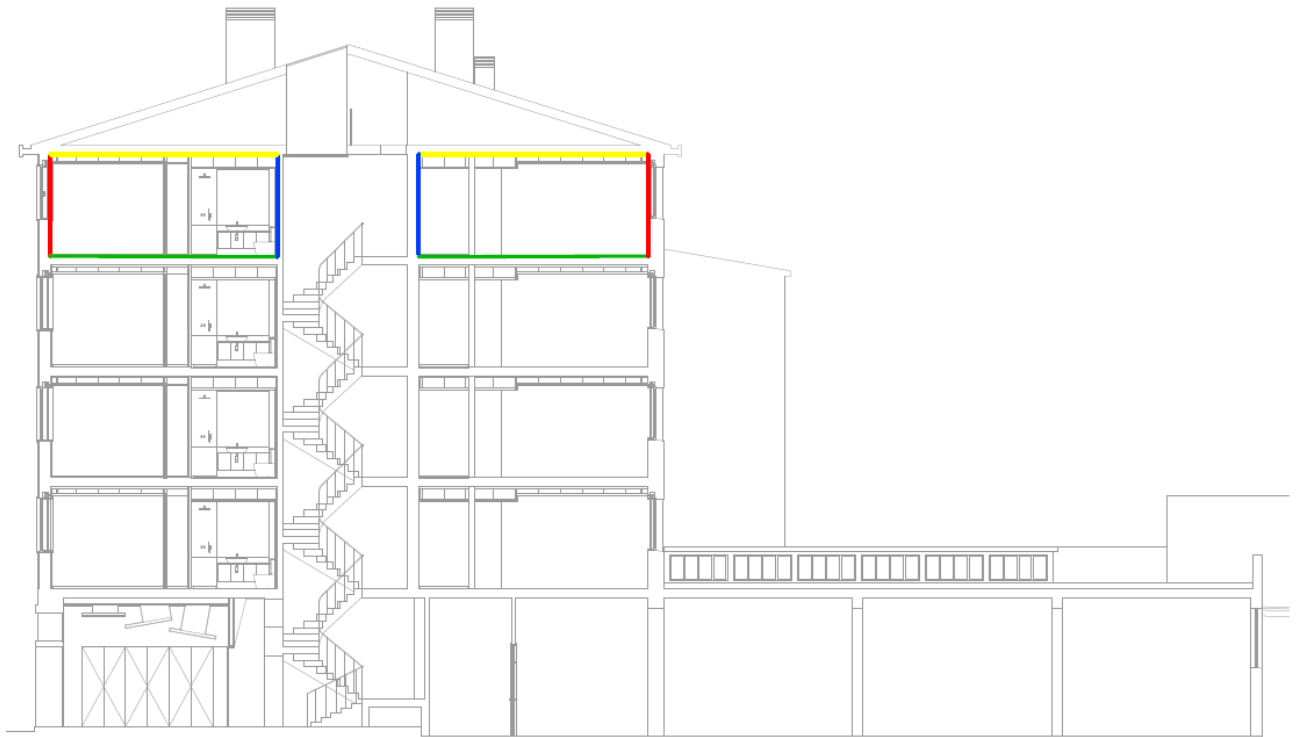


Figura 3.4 - Envolvente das fracções (Corte 1)



Figura 3.5 - Envolvente das fracções (Corte 2)

Depois da definição da envolvente das fracções em estudo, para realizar o estudo de desempenho energético será necessário identificar a localização das soluções construtivas da envolvente opaca vertical exterior/interior, envolvente opaca horizontal interior, envolvente sem requisitos e elementos envidraçados. A nomenclatura utilizada para identificar os elementos correspondentes às soluções construtivas na situação inicial com sufixo (A) e solução proposta com sufixo (B) é apresentada na Tabela 3.3 e Figura 3.6.

Tabela 3.3 – Identificação das soluções construtivas

Elemento construtivo	Solução inicial (A)	Solução proposta (B)
Envolvente opaca vertical exterior	PDE1A	PDE1B
	PDE2A	PDE2B
	PDE3A	PDE2B
Envolvente opaca vertical interior	PDI1A	PDI1B
	PSI1A	PSI1B
Envolvente opaca horizontal interior	CBI1A	CBI1B
Envolvente sem requisitos (elementos de separação entre fracções)	Parede (existente)	Parede (proposta)
	Lajes (existente)	Lajes (proposta)
Vãos exteriores	VE1A	VE1B
	VE2A	VE2B
	VE3A	VE3B

Os elementos de compartimentação interior da própria fracção e os elementos da envolvente sem requisitos, neste caso, as paredes e lajes em contacto com outra fracção autónoma não interferem de forma directa no estudo do desempenho energético, no entanto, será contabilizada a massa superficial útil destes elementos, afectada pelo factor de redução de massa superficial, conforme número 6 do Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, para efeito da determinação da inércia térmica para cada uma das fracções.

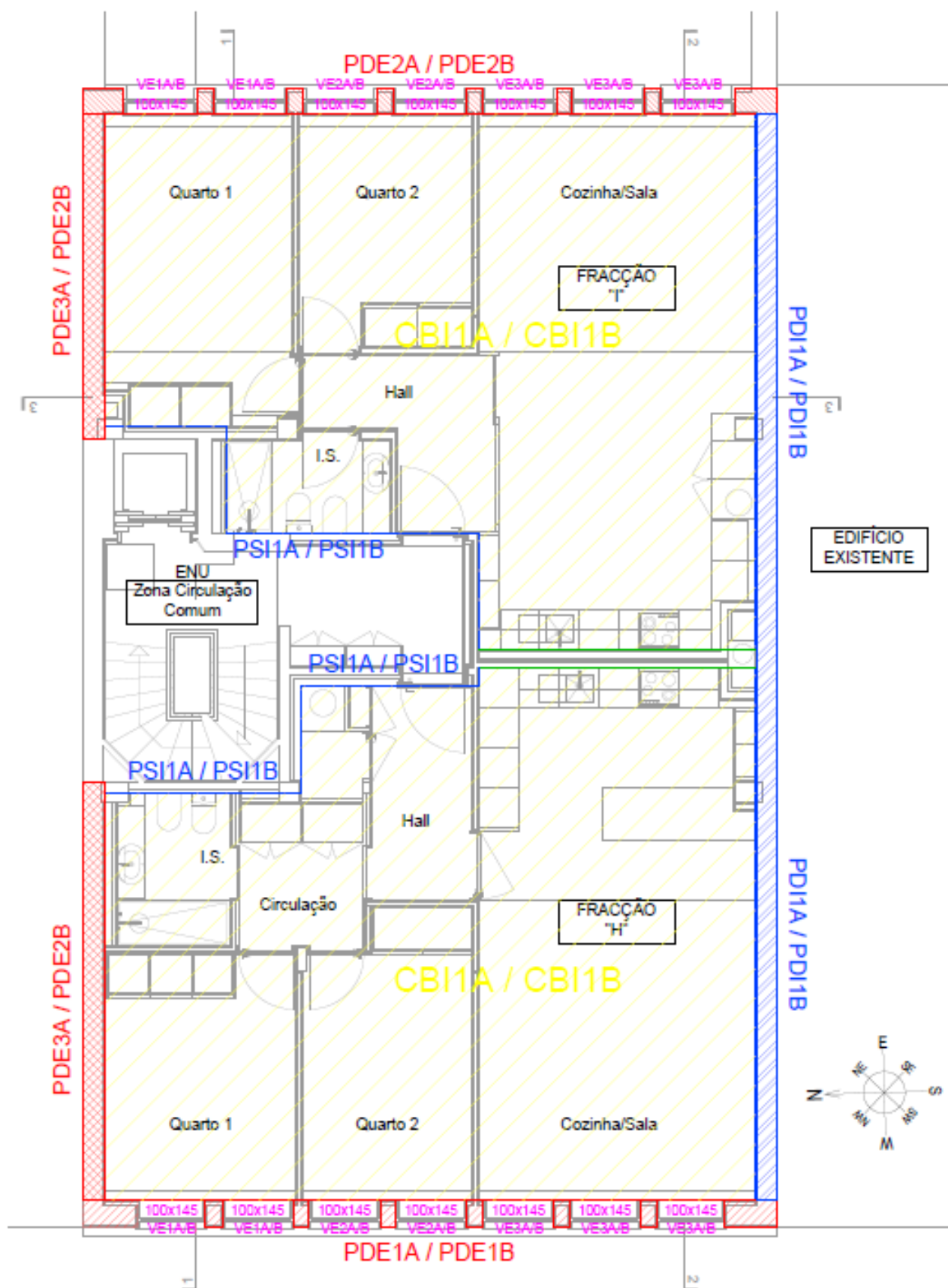


Figura 3.6 - Identificação das soluções construtivas

3.5 ENVOLVENTE OPACA VERTICAL EXTERIOR

Para elementos da envolvente exterior o cálculo do coeficiente de transmissão térmica é realizado através da expressão (3.1):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})] \quad (3.1)$$

Em que:

R_j — Resistência térmica da camada j , [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]

R_{si} — Resistência térmica interior, [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]

R_{se} — Resistência térmica exterior, [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]

O cálculo da resistência térmica de camadas homogêneas é efectuado em função da espessura da camada e da condutibilidade térmica do material, conforme expressão (3.2), enquanto o cálculo em camadas não homogêneas deve ser alvo de ensaios certificados ou publicações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), por exemplo a publicação ITE50 – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}] \quad (3.2)$$

Em que:

e — Espessura da camada, [m]

λ — Condutibilidade térmica do material, [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]

R_{se} — Resistência térmica exterior, [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]

As resistências térmicas superficiais, em função da posição relativa do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor estão definidas na tabela Tabela 3.4:

Tabela 3.4 – Valores das resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{si}

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica	
		Exterior - R_{se}	Interior - R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

3.5.1 PDE1A - Parede dupla exterior (existente)

Parede dupla sem isolamento térmico, localizada no alçado principal com orientação poente, conforme Figura 3.7, com espessura total de 36,0cm e de cor Média (verde-claro), com as seguintes camadas: 1) Cerâmica vidrada/grés cerâmico, com 1,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 3) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m²·°C/W; 4) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de 0,180 m²·°C/W; 5) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de 0,270 m²·°C/W; 6) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,94 W/m²·°C.

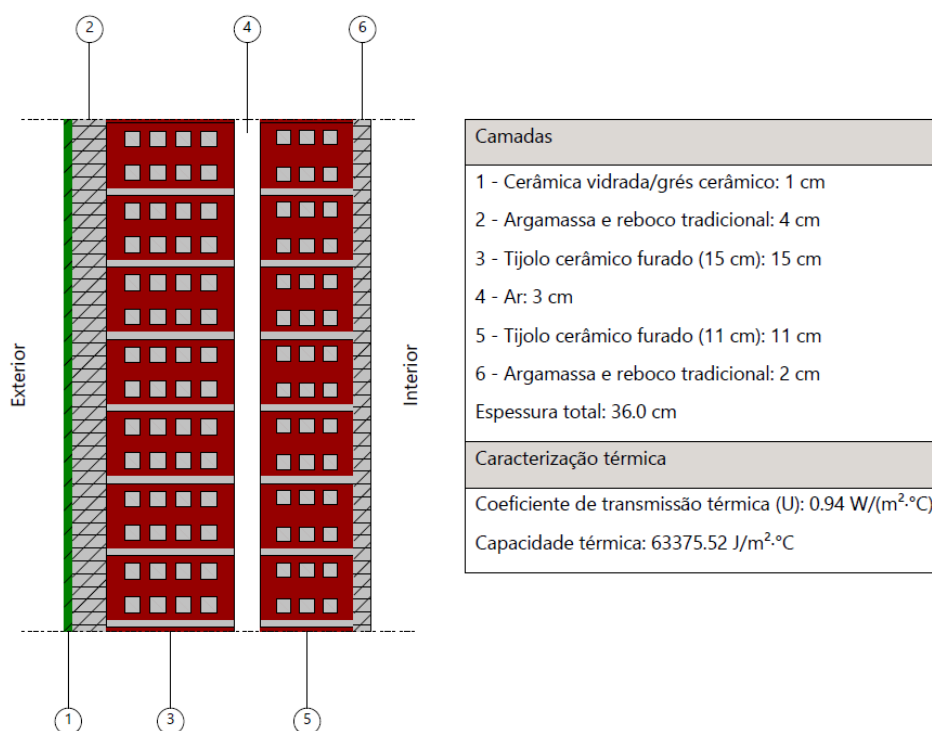


Figura 3.7 - Constituição da parede PDE1A

3.5.2 PDE2A - Parede dupla exterior (existente)

Parede dupla sem isolamento térmico, localizada no alçado posterior com orientação nascente, conforme Figura 3.8, com espessura total de 35,0cm e de cor Média (verde-claro), com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m²·°C/W; 3) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de 0,180 m²·°C/W; 4) Pano

de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de $0,270 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$;
 5) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $0,95 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

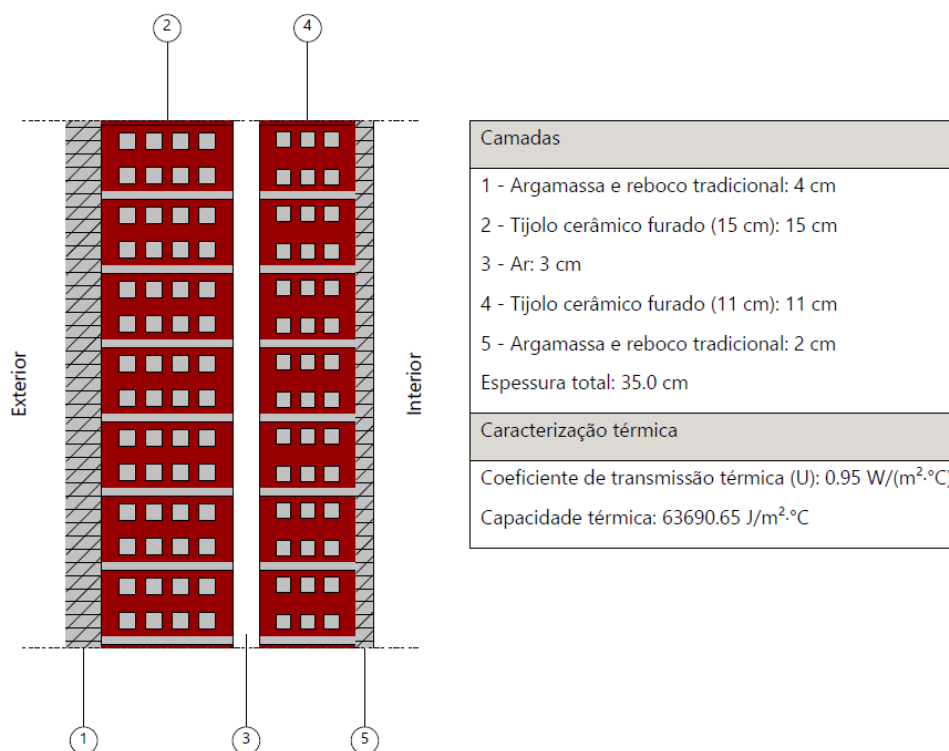


Figura 3.8 – Constituição da parede PDE2A

3.5.3 PDE3A - Parede dupla exterior (existente)

Parede dupla sem isolamento térmico, localizada na fachada de empena sobre edifício adjacente com orientação norte, conforme Figura 3.9, com espessura total de 35,1cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Aço, com 0,1 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $50,000 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 3) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de $0,390 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 4) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de $0,180 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 5) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de $0,270 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 6) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $0,95 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

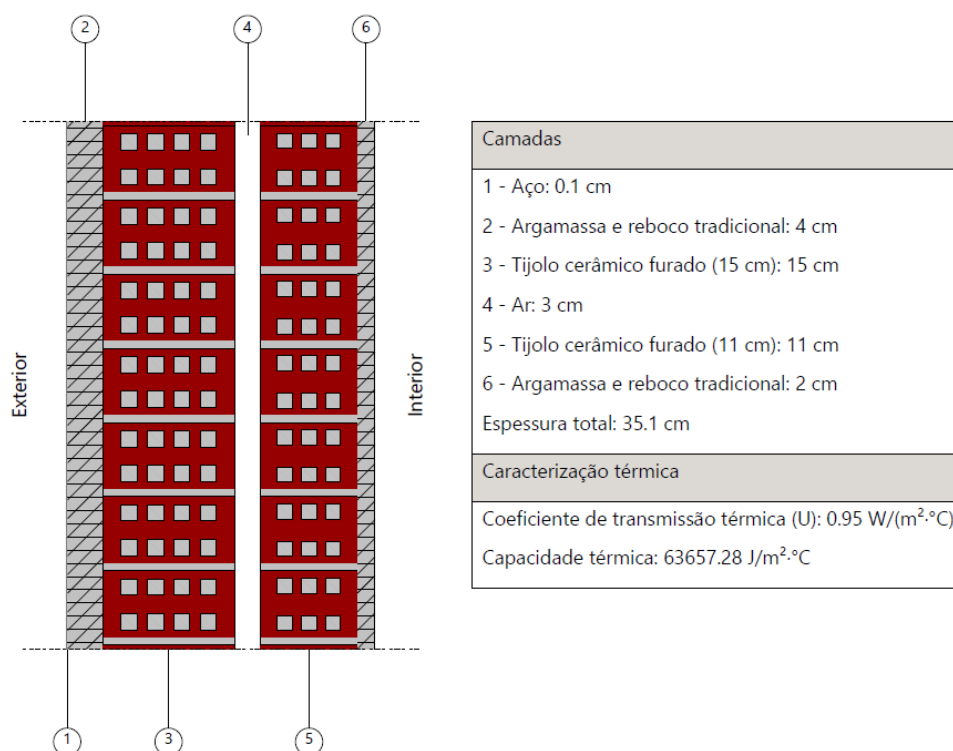


Figura 3.9 - Constituição da parede PDE3A

3.5.4 Pontes térmicas planas (existente)

As pontes térmicas planas são pontos singulares na solução construtiva (pilares, vigas e caixa de estore), em que o coeficiente de transmissão térmica é diferente da solução global, devendo ser contabilizadas para o cálculo das necessidades. Em edifício existentes e não sendo conhecida a constituição das soluções podemos incorporar as pontes térmicas planas na solução, no entanto, devemos majorar o coeficiente de transmissão térmica multiplicando por 1,35. Neste caso, não fizemos essa simplificação, e contabilizamos as pontes térmicas planas existentes:

PTPE1A (PILAR/VIGA – Alçado principal) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 3.10, com espessura total de 37,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pilar em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,68 W/m²·°C.

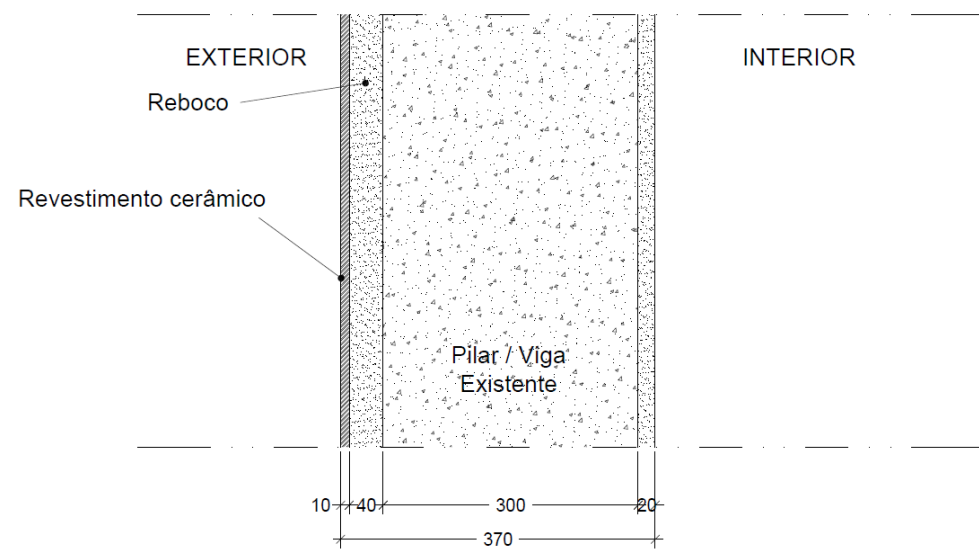


Figura 3.10 - Constituição da PTPE1A

PTPE2A (VIGA/PILAR – Alçado Posterior) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 3.11, com espessura total de 36,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Viga em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,73 W/m².°C.

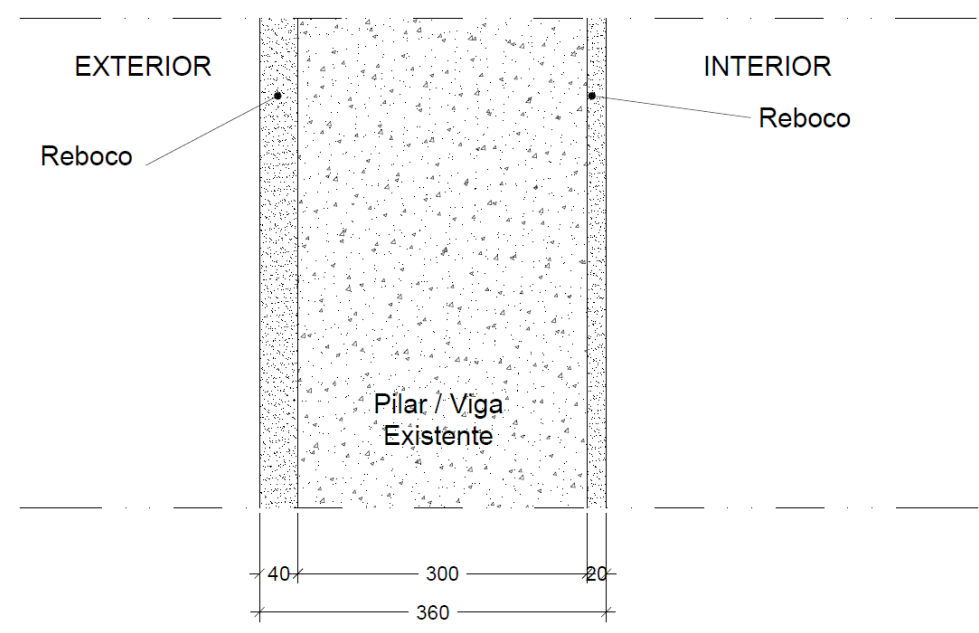


Figura 3.11 - Constituição da PTPE2A

PTPE3A (CX. ESTORE) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 3.12, com espessura total de 16,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Parede em betão armado com 11,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1.300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,80 W/m².°C.

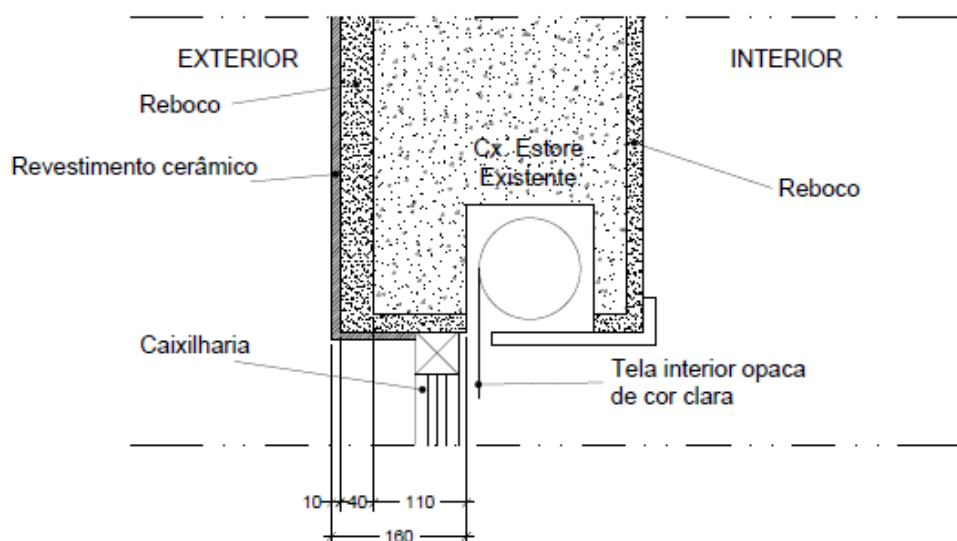


Figura 3.12 - Constituição da PTPE3A

3.5.5 Pontes térmicas lineares

As pontes térmicas lineares pretendem traduzir a perda por transferência de calor nas ligações entre elementos, na proximidade da interseção de planos, podem ser determinadas de acordo com normas europeias em vigor, nomeadamente a Norma EN ISO 10211, através de catálogos de pontes térmicas lineares de acordo com a EN ISO 10211, com recurso aos valores indicados na Tabela 3.4 retirada do número 3 do Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro ou de acordo com a metodologia simplificada.

Foram consideradas as seguintes pontes térmicas lineares na fracção “H” e fracção “I”, objecto do presente estudo de desempenho energético:

- Fachada com pavimento de nível intermédio;
- Fachada com cobertura;
- Duas paredes verticais em ângulo saliente;
- Fachada com caixilharia;
- Zona da caixa de estores.

Tabela 3.5 – Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio ^(A)		0,60	0,15 ^(B)	0,50 ^(C)
Fachada com varanda ^(A)		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10 ^(D)	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,00	0,80	1,00
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	Isolamento da parede contacta a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	Isolamento da parede não contacta a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

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

^{(B)(C)(D)} Majorar quando existe um tecto falso em: ^(B)25%, ^(C)50%, ^(D)70%

3.6 ENVOLVENTE OPACA VERTICAL INTERIOR

Para elementos da envolvente interior o cálculo do coeficiente de transmissão térmica é realizado através da expressão (3.1), aplicada para o cálculo da envolvente exterior, no entanto a resistência térmica superficial exterior será substituída pela resistência térmica interior de acordo a expressão (3.3):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{si}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})] \quad (3.3)$$

3.6.1 PDI1A - Parede dupla interior (existente)

Parede dupla sem isolamento térmico, localizada junto a edifício adjacente com orientação sul, conforme Figura 3.13, com espessura total de 31,0 cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m²·°C/W; 2) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de 0,180 m²·°C/W; 3) Pano de alvenaria de tijolo

cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de $0,270 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 4) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $0,90 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, com a correção da resistência térmica superficial ($R_{se}=R_{si}=0.13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$).

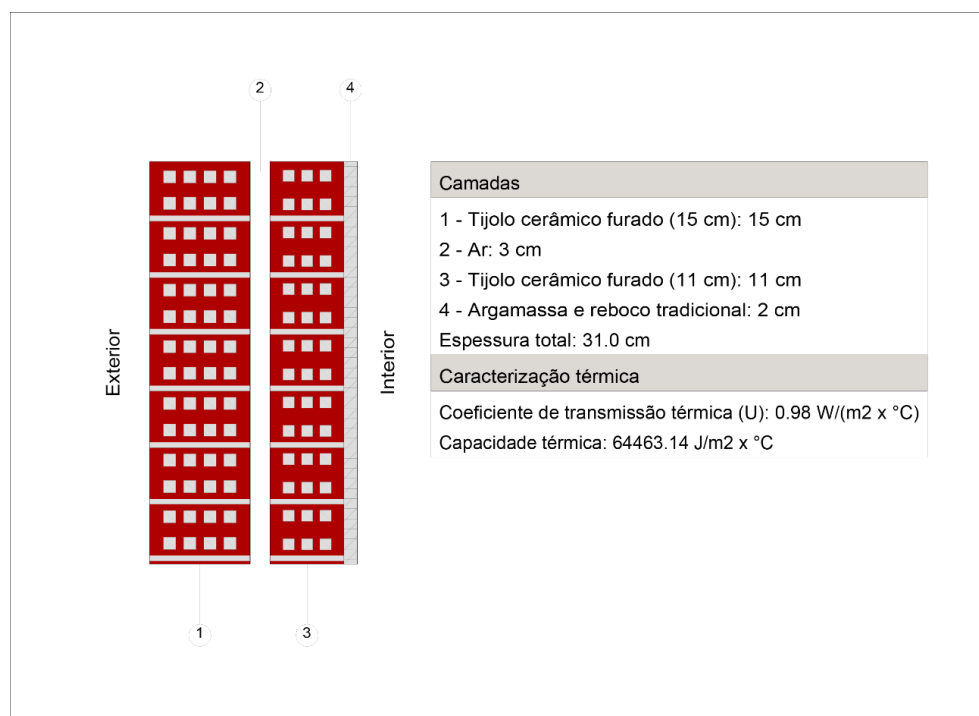


Figura 3.13 – Constituição da parede PDI1A

3.6.2 PSI1A - Parede simples interior (existente)

Parede simples sem isolamento térmico, conforme Figura 3.14, com espessura total de 18,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de $0,390 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $1,49 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

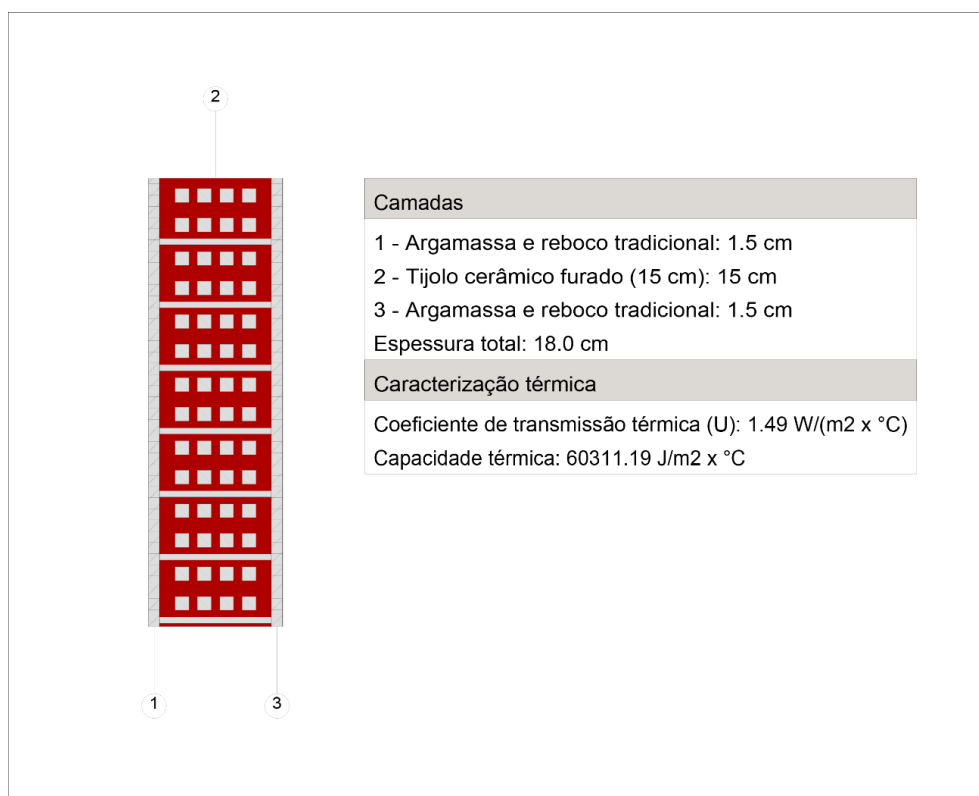


Figura 3.14 – Constituição da parede PSI1A

3.6.3 Pontes térmicas planas (existente)

As pontes térmicas planas na envolvente interior vertical, são elementos singulares não incorporados na solução construtiva corrente, materializadas através dos pilares e vigas existentes:

PTPI1A (PILAR) - Ponte térmica plana interior, conforme Figura 3.15, com espessura total de 34,0cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pilar em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,27 W/m²·°C.

PTPI2A (VIGA) - Ponte térmica plana interior, conforme Figura 3.15, com espessura total de 34,0cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Viga em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,27 W/m²·°C.

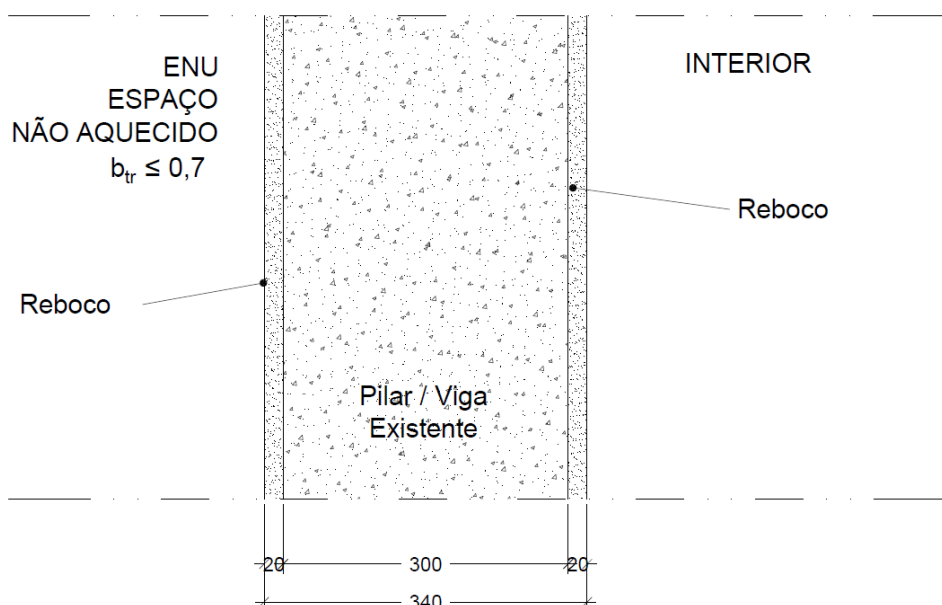


Figura 3.15 - Constituição da PTPI1A/PTPI2A

3.6.4 Vãos opacos interiores (existente)

Porta opaca interior constituída por painel de madeira leve com 4,0 cm de espessura [condutibilidade térmica de $0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$].

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $1,90 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.7 ENVOLVENTE OPACA HORIZONTAL INTERIOR

O edifício tem desvão de telhado, considerado espaço não útil com $b_{tr}=1$, portanto, a cobertura horizontal é considerada um elemento interior com requisitos de exterior.

3.7.1 CBI1A – Cobertura interior (existente)

Cobertura plana interior sem isolamento térmico, contigua ao desvão de telhado, conforme Figura 3.16, com espessura total de 27,0cm, com as seguintes camadas: 1) Laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilha cerâmica com 3 furos, com 25,0cm de espessura e resistência térmica para fluxo ascendente de $0,230 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e fluxo descendente de $0,250 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 2) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U asc.) igual a $2,25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e (U desc.) igual a $1,65 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

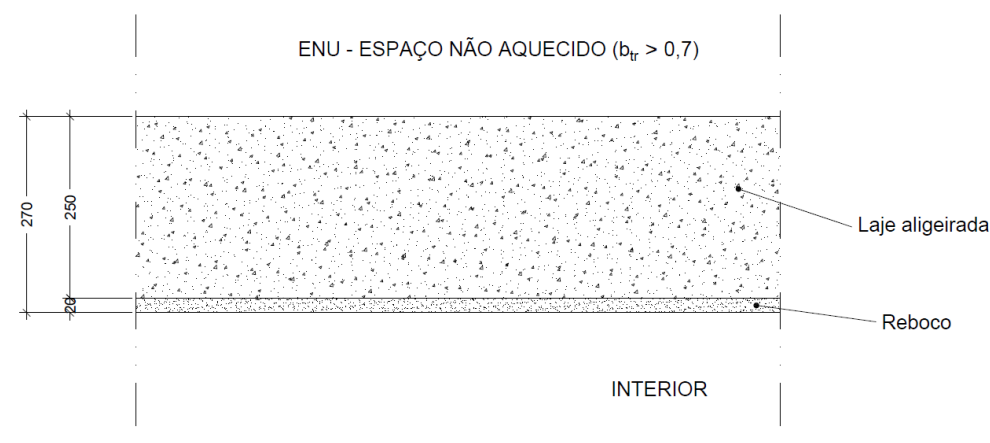


Figura 3.16 - Constituição da CBI1A

3.8 ELEMENTOS INTERIORES DA HABITAÇÃO

Os elementos, verticais e horizontais, de separação entre fracções e as paredes divisórias não têm efeito directo no cálculo do desempenho energético, porque separam espaços que teoricamente estão com temperatura semelhante e desta forma não existem trocas de calor, no entanto, podem influenciar a inércia térmica do edifício, conforme Tabela 3.6, retirada do número 6 do Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, com implicações na conservação de temperatura e exigências do factor solar dos vãos envidraçados.

Tabela 3.6 – Classes de inércia térmica

Classe de inércia térmica	I_t [kg/m ²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

3.8.1 Paredes de separação entre fracções (existente)

Parede simples sem isolamento térmico, com espessura total de 18,0cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado, com 15,0cm de espessura; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

3.8.2 Lajes de separação entre fracções (existente)

Pavimento interior sem isolamento térmico, com espessura total de 30,5cm, com as seguintes camadas: 1) Madeira semi-densa, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,180

W/(m·°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura; 3) Laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilha cerâmica com 3 furos, com 25,0cm de espessura; 4) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

3.8.3 Paredes divisórias (existente)

Parede simples sem isolamento térmico, com espessura total de 10,0cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 7,0cm de espessura; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

3.9 ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados com ou sem dispositivo de oclusão nocturna, devem ser caracterizados através do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite (U_{wdn}), factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{vi}) e factor solar do vão com todos os dispositivos de protecção permanentes ou móveis activados (g_{T}), conforme definido no Anexo III do ITE50 e no número 7 do Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro.

3.9.1 Vãos envidraçados verticais exteriores (existente)

Caixilharia metálica sem corte térmico, vidro simples incolor com 4mm com dispositivo de oclusão nocturna através de tela interior opaca de cor clara.

Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite (U_{wdn}): 5,00 W/(m²·°C).

Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{vi}): 0,88

Valor factor solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de protecção (g_{Tvc}): 0,33

Factor solar com todos os dispositivos de protecção permanentes ou móveis ativados (g_{T}): 0,34

A equação (3.3) é utilizada para calcular o factor solar com todos os dispositivos de protecção permanentes ou móveis ativados, para vidro simples:

$$g_{\text{T}} = g_{\perp, \text{vi}} \times \prod_i \frac{g_{\text{Tvc}}}{0.85} = 0,88 \times \frac{0.33}{0.85} = 0.34 \quad (3.4)$$

Não foi realizada a verificação do requisito mínimo para o factor solar dos vãos envidraçados na situação inicial, porque está enquadrado em edifício existente, no entanto, como os vãos envidraçados serão sujeitos a intervenção será necessário fazer a verificação do factor solar para as soluções propostas.

3.10 SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos destinados a climatização ou para a produção de águas quentes sanitárias, devem dispor de marcação CE e estar devidamente caracterizados em termos do seu desempenho energético ou das características técnicas que possam determinar o seu desempenho, devendo ainda os mesmos cumprir com requisitos de classe mínima exigida na legislação em vigor.

A tubagem da rede de transporte e distribuição de fluidos térmicos, em sistemas de climatização e/ou preparação de água quente sanitária, deve ter isolamento mínimo de 20mm, conforme Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, de acordo com Figura 2.3.

3.10.1 Sistemas para produção de AQS (existente)

O sistema para produção de águas quentes sanitárias é um termoacumulador com potência de 2,6 kW com capacidade 80 litros e eficiência de 0,86.

A tubagem de AQS não está dotada de isolamento térmico.

3.10.2 Sistemas para climatização (existente)

Não existem sistemas para climatização no edifício.

3.11 TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR

A renovação do ar é fundamental para a ventilação dos espaços interiores promovendo a qualidade do ar interior e minimizando patologias associadas a condensações interiores.

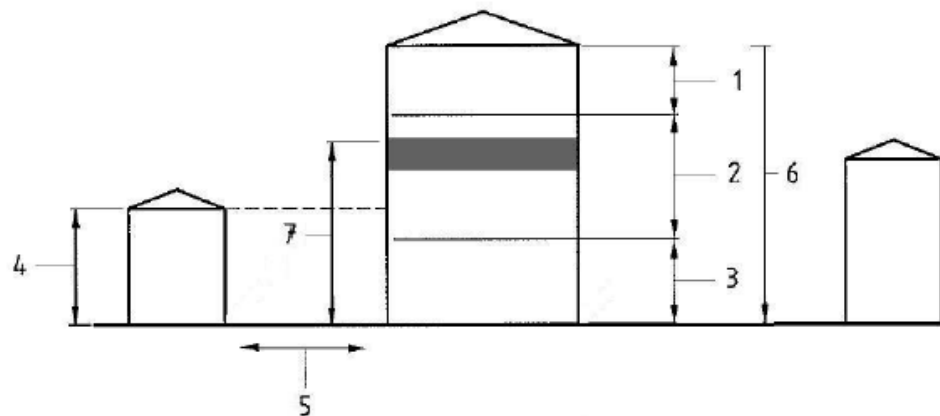
O método de cálculo segundo EN 15242 e Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, utilizando a ferramenta de cálculo de ventilação REH-ITeCons.

A taxa de renovação do ar interior, conforme número 12 do Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, define valores mínimos para a estação de aquecimento, $R_{ph,i}$, bem como metodologia de cálculo em função da acção do vento dependente da região, rugosidade do solo, da altura do edifício e altura da fracção, número de fachadas expostas ou existência de obstáculos, conforme Figura 3.17.

O edifício está localizado a 98 metros de altitude, na faixa de 5km de largura junto à costa, logo pertence à região “B”, relativamente à rugosidade do terreno, está situado no interior de uma zona urbana, portanto, enquadrado na rugosidade tipo “I”. A velocidade do vento foi considerada por defeito, sendo o valor utilizado de 3,6m/s.

Neste caso em concreto, o número de fachadas expostas é apenas uma para as fracções em estudo localizadas no último piso, a altura do edifício são 16,5 metros e a altura da fracção são 16,0 metros.

Para a fracção “H” é estimada $R_{ph,i}=0,24 \text{ h}^{-1}$ enquanto para a fracção “I” é estimada $R_{ph,i}=0,26 \text{ h}^{-1}$, como a taxa de renovação estimada é inferior ao requisito mínimo de ventilação ($R_{ph,i} > 0,40 \text{ h}^{-1}$), devem ser propostas medidas de melhoria no sistema de ventilação de ambas as fracções.



1 - Zona superior (mais de 50 m)

2 - Zona média (15 a 50 m)

3 - Zona inferior (menos de 15 m)

4 - Altura do obstáculo (H_{obs})

5 - Distância ao obstáculo (D_{obs})

6 - Altura do edifício (H_{edif})

7 - Altura da fracção (H_{FA})

Figura 3.17 – Indicação das dimensões relevantes para avaliar a protecção ao vento da fracção

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO (SOLUÇÕES PROPOSTAS)

Neste capítulo vamos abordar as soluções construtivas propostas e alteração do sistema para águas quentes sanitárias, de acordo com os requisitos definidos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, verificando o impacto da totalidade das medidas de melhoria propostas.

4.1 ENVOLVENTE OPACA VERTICAL EXTERIOR

O programa definido pela arquitectura não prevê alteração da fachada principal, mantendo a pastilha em cerâmica existente, desta forma, o isolamento na fachada principal será colocado pelo lado interior, nos restantes casos não existem constrangimentos, pelo que podemos adoptar as soluções que tecnicamente sejam mais favoráveis.

4.1.1 PDE1B - Parede dupla exterior (proposta)

Parede dupla com isolamento térmico do lado interior, localizada no alçado principal com orientação poente, conforme Figura 4.1, com espessura total de 41,5cm e de cor Média (verde-claro), com as seguintes camadas: 1) Cerâmica vidrada/grés cerâmico, com 1,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$; 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$; 3) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de $0,390 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$; 4) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de $0,180 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$; 5) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de $0,270 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$; 6) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$; 7) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,040 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$; 8) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,250 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $0,47 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $0,94 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

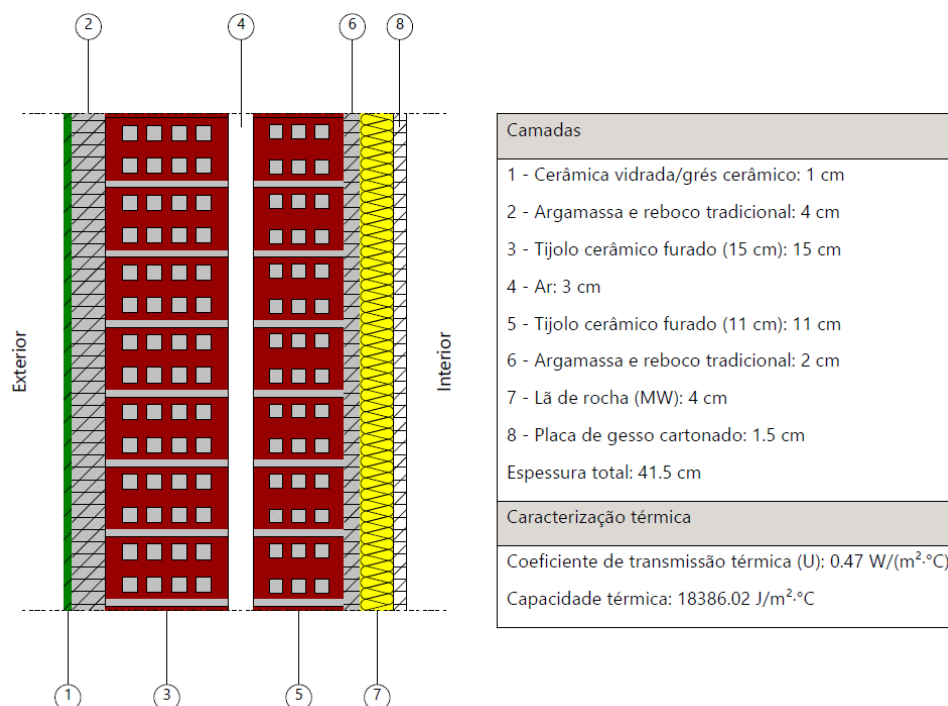


Figura 4.1 – Constituição da parede PDE1B (proposta)

Na Tabela 4.1 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PDE1B) adicionando dois elementos novos à parede existente (PDE1A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico e a placa de gesso cartonado.

Tabela 4.1 – PDE1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	ρ (kg/m³)	Mst (kg/m²)	Msi (kg/m²)
Pastilha cerâmica	0,010	1,300	0,008	2300	23,00	
Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00	
Alv.tijolo cerâmico (30x20x15)	0,150		0,390	816,7	122,51	
Caixa de ar	0,030		0,180		0,00	
Alv. tijolo cerâmico (30x20x11)	0,110		0,270	875,5	96,31	
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
I.Térmico - lã de rocha 70kg/m³	0,040	0,040	1,000	70	2,80	
Placa de gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	1000	15,00	15,00
Espessura total	0,415		Massa Total		379,61	15,00
	R si =		0,13			
	R se =		0,04		Msi =	15,00
	R =		2,108			
	U =	(W/m².°C)	0,471	≤	Umáx	OK

Req. mínimos (El. opacos horizontais)	I1	0,40	I2	0,350	I3	0,30
Req. mínimos (El. opacos verticais)		0,50		0,400		0,35

4.1.2 PDE2B - Parede dupla exterior (proposta)

Parede dupla com isolamento pelo exterior, localizada no alçado posterior com orientação nascente e na empena sobre edifício adjacente com orientação norte, conforme Figura 4.2, com espessura total de 39,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Poliestireno expandido (EPS), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m·°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 3) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m²·°C/W; 4) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de 0,180 m²·°C/W; 5) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de 0,270 m²·°C/W; 6) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,49 W/m²·°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,95 W/m²·°C.

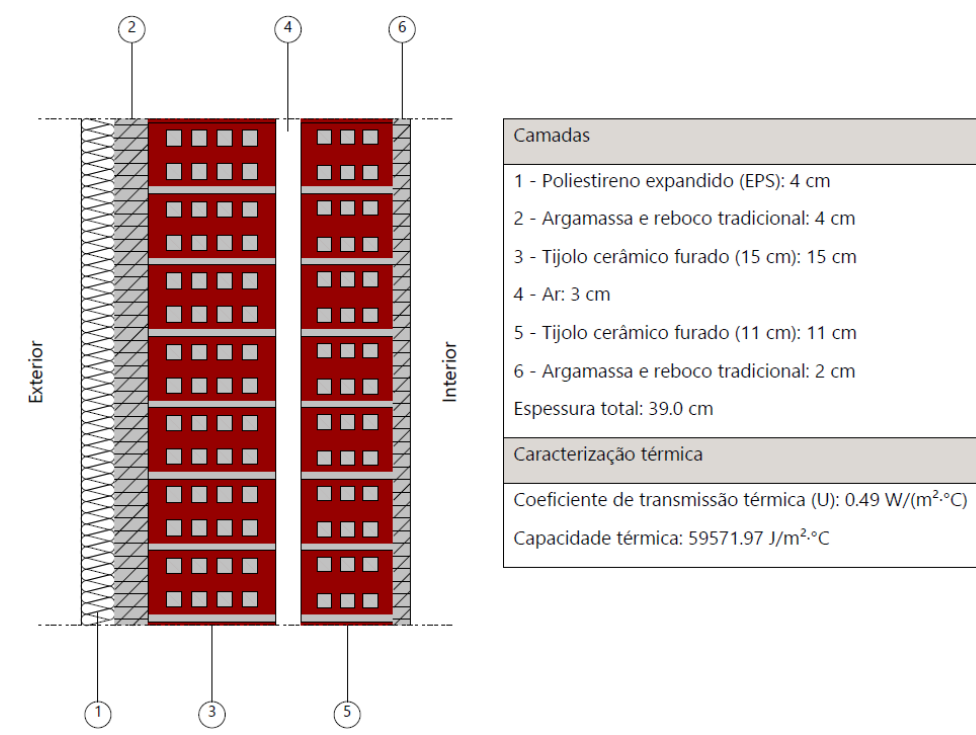


Figura 4.2 – Constituição da parede PDE2B (proposta)

Na Tabela 4.2 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PDE2B) adicionando sistema de ETIC's à parede existente (PDE2A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico pelo exterior.

Tabela 4.2 – PDE2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	ρ (kg/m ³)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)
Poliestireno EPS 20kg/m3	0,040	0,040	1,00	20	0,80	
Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00	
Alv.tijolo cerâmico (30x20x15)	0,150	0,385	0,390	816,7	122,51	
Caixa de ar	0,030		0,180		0,00	
Alv. tijolo cerâmico (30x20x11)	0,110	0,407	0,270	875,5	96,31	96,31
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	40,00
Espessura total	0,390		Massa Total		339,61	136,3
	R si =		0,13			
	R se =		0,04		Msi =	136,31
	R =		2,041			
	U =	(W/m ² .°C)	0,486	≤	Umáx	OK
Req. mínimos (El. opacos horizontais)	I1	0,40	I2	0,350	I3	0,30
Req. mínimos (El. opacos verticais)		0,50		0,400		0,35

4.1.3 Pontes térmicas planas (proposta)

As pontes térmicas planas existentes, vão ser corrigidas em função da solução proposta para a zona corrente da envolvente, como não foi feita simplificação para incorporar as pontes térmicas planas, vamos contabilizar os pontos singulares na solução construtiva (pilares, vigas e caixa de estore), em que o coeficiente de transmissão térmica é diferente da solução global.

PTPE1B (PILAR/VIGA) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 4.3, com espessura total de 42,5cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m.°C); 2) Pilar em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m.°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m.°C); 4) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C); 5) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m.°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,70 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,85 W/m².°C.

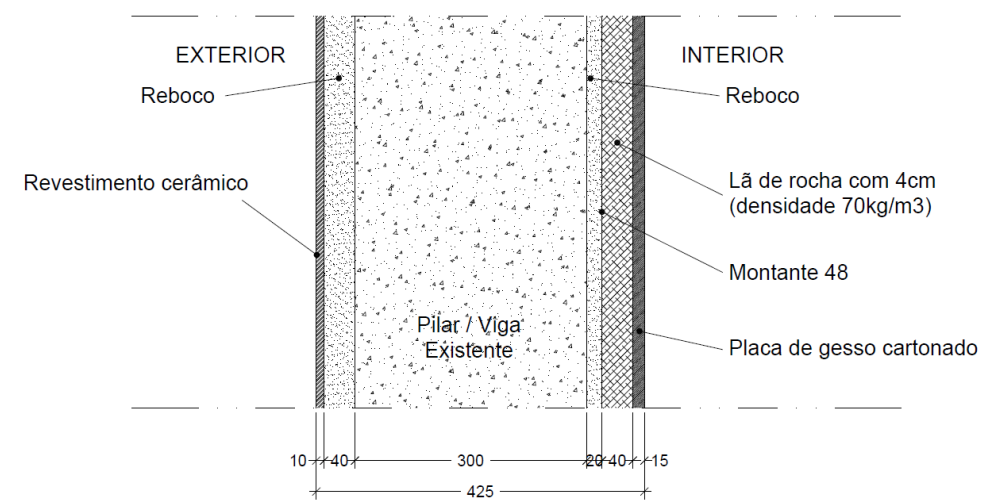


Figura 4.3 – Constituição da PTPE1B (proposta)

Na Tabela 4.3 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PTPE1B) adicionando a camada de lã de rocha e gesso cartonado à ponte térmica plana existente (PTPE1A/PTPE2A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico pelo interior, desprezando o revestimento cerâmico.

Tabela 4.3 – PTPE1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	ρ (kg/m³)	Mst (kg/m²)	Msi (kg/m²)
Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00	
Viga/Pilar em betão armado	0,300	2,000	0,150	2400	720,00	
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
Lã de rocha	0,040	0,040	1,000	40	1,60	
Placa de gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	1000	15,00	15,00
Espessura total	0,415		Massa Total		856,60	15,00
	R si =		0,13			
	R se =		0,04		Msi =	15,00
	R =		1,426			
	U =	(W/m².°C)	0,701	≤	Umáx	OK
U _{PTPmax}	0,90		Número 5 da Portaria n.º379-A/2015			

PTPE2B (PILAR/VIGA – Alçado Posterior) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 4.4, com espessura total de 40,3cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Poliestireno expandido (EPS), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m.°C);

3) Viga em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,73 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,85 W/m².°C.

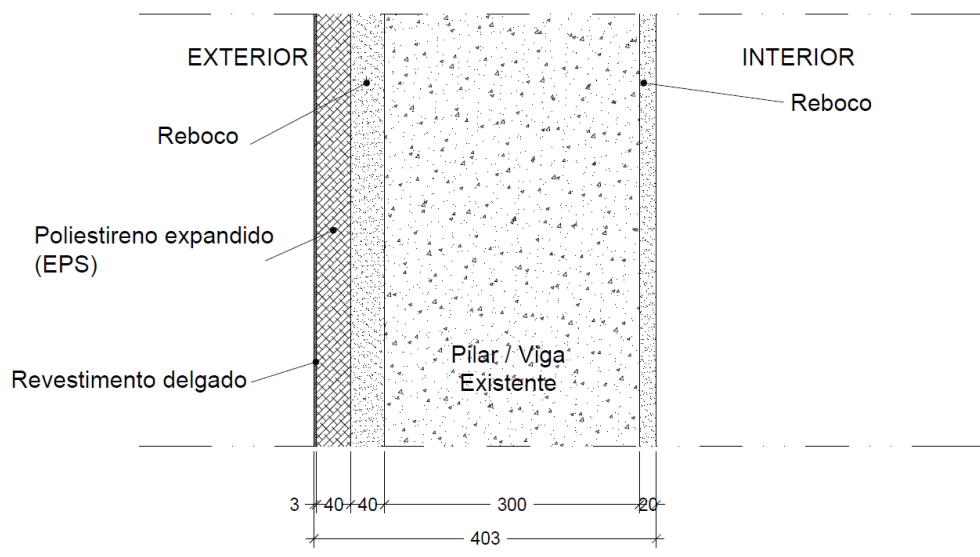


Figura 4.4 – Constituição da PTPE2B (proposta)

Na Tabela 4.4 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PTPE2B) adicionando sistema de ETIC's à ponte térmica plana existente (PTPE1A/PTPE2A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico pelo exterior, desprezando a camada de reboco delgado.

Tabela 4.4 – PTPE2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	ρ (kg/m ³)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)
Poliestireno EPS 20kg/m3	0,040	0,040	1,000	20	0,80	
Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00	80,00
Viga/Pilar em betão armado	0,300	2,000	0,150	2400	720,00	720,00
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	40,00
Espessura total	0,400		Massa Total		840,80	840,00
	R si =		0,13			
	R se =		0,04		Msi =	150,00
	R =		1,366			
	U =	(W/m2.°C)	0,732	≤	Umáx	OK
U _{PTPmax}	0,90	Número 5 da Portaria n.º379-A/2015				

PTPE3B (Cx. ESTORE – Alçado principal) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 4.5, com espessura total de 20,0cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Cerâmica vidrada/grés cerâmico, com 1,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1.300 W/(m·°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1.300 W/(m·°C); 3) Parede em betão armado com 11,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Poliestireno expandido (EPS), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,79 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,80 W/m².°C.

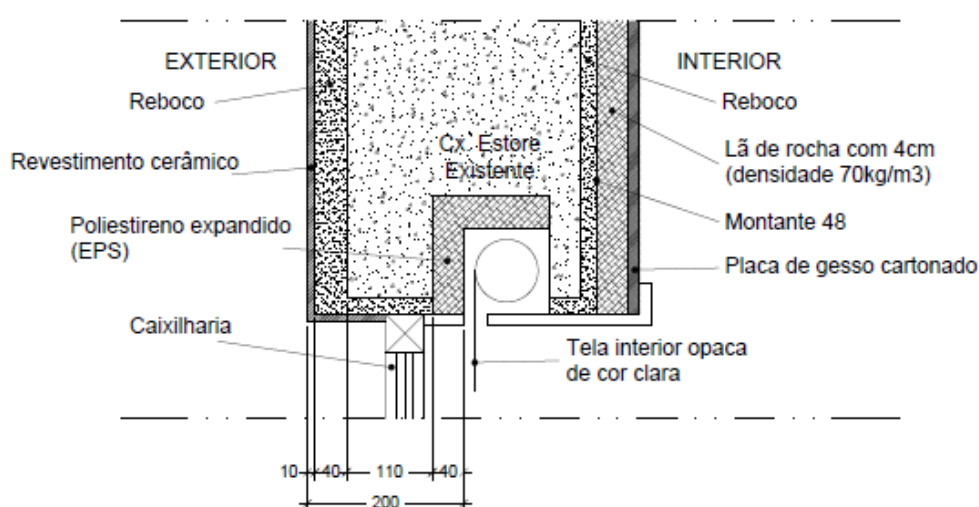


Figura 4.5 - Constituição da PTPE3B (proposta)

Na Tabela 4.5 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PTPE3B) adicionando camada de poliestireno expandido à ponte térmica plana existente (PTPE3A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico pelo interior.

Tabela 4.5 – PTPE3B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	ρ (kg/m ³)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)
Pastilha cerâmica	0,010	1,300	0,008	2300	23,00	
Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00	
Parede em betão armado	0,110	2,000	0,055	2400	264,00	
Poliestireno EPS 20kg/m3	0,040	0,040	1,000	20	0,80	
Espessura total	0,400		Massa Total		367,80	
		R si =	0,13			

	R se =	0,04	Msi =	
	R =	1,263		
	U =	(W/m ² .°C) 0,791	≤	Umáx OK
U _{PTPmax}	0,90	Número 5 da Portaria n.º379-A/2015		

PTPE4B (Cx. ESTORE – Alçado posterior) - Ponte térmica plana exterior, conforme Figura 4.6, com espessura total de 23,3cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Poliestireno expandido (EPS), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1.300 W/(m.°C); 3) Parede em betão armado com 11,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m.°C); 4) Poliestireno expandido (EPS), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,44 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,91 W/m².°C.

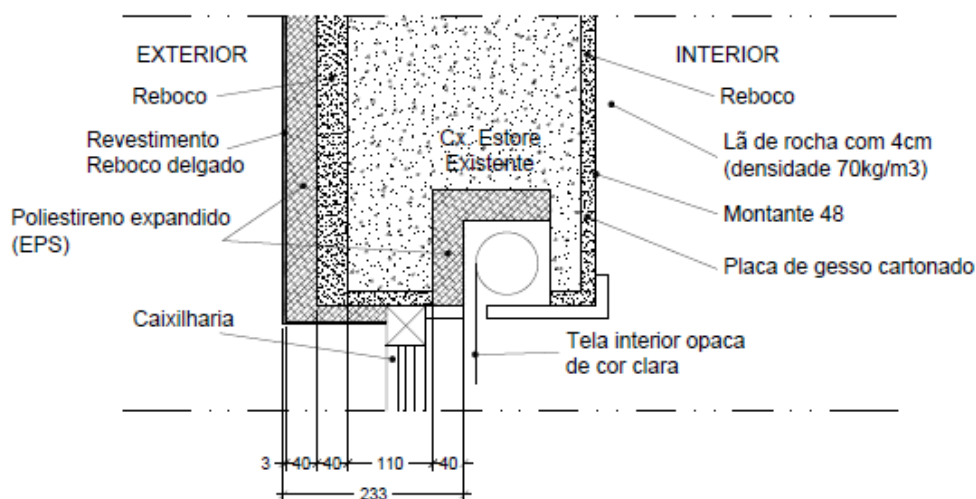


Figura 4.6 - Constituição da PTPE4B (proposta)

Na Tabela 4.6 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PTPE4B) adicionando sistema de ETIC's e camada de poliestireno expandido à ponte térmica plana existente (PTPE3A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico pelo interior e pelo exterior, desprezando a camada de reboco delgado.

Tabela 4.6 – PTPE4B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	ρ (kg/m ³)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)
Poliestireno EPS 20kg/m³	0,040	0,040	1,000	20	0,80	

Argamassa e reboco tradicional	0,040	1,300	0,031	2000	80,00
Parede em betão armado	0,110	2,000	0,055	2400	264,00
Poliestireno EPS 20kg/m3	0,040	0,040	1,000	20	0,80
Espessura total	0,400	Massa Total		345,60	
	R si =	0,13			
	R se =	0,04		Msi =	
	R =	2,256			
	U =	(W/m ² .°C)	0,443	≤	Umáx OK
U _{PTPmax}	0,90	Número 5 da Portaria n.º379-A/2015			

4.2 ENVOLVENTE OPACA VERTICAL INTERIOR

Os elementos da envolvente interior vão ser sujeitos a intervenção com a colocação isolamento térmico com propriedades acústicas (lã de rocha) e placa de gesso cartonado pelo lado interior.

4.2.1 PDI1B - Parede dupla interior (proposta)

Parede dupla com isolamento térmico pelo interior, localizada junto a edifício adjacente com orientação sul, conforme Figura 4.7, com espessura total de 36,5cm e de cor Média, com as seguintes camadas: 1) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m².°C/W; 2) Ar, com 3,0cm de espessura e resistência térmica de 0,180 m².°C/W; 3) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura e resistência térmica de 0,270 m².°C/W; 4) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m.°C); 5) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.°C); 6) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m.°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,46 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,90 W/m².°C.

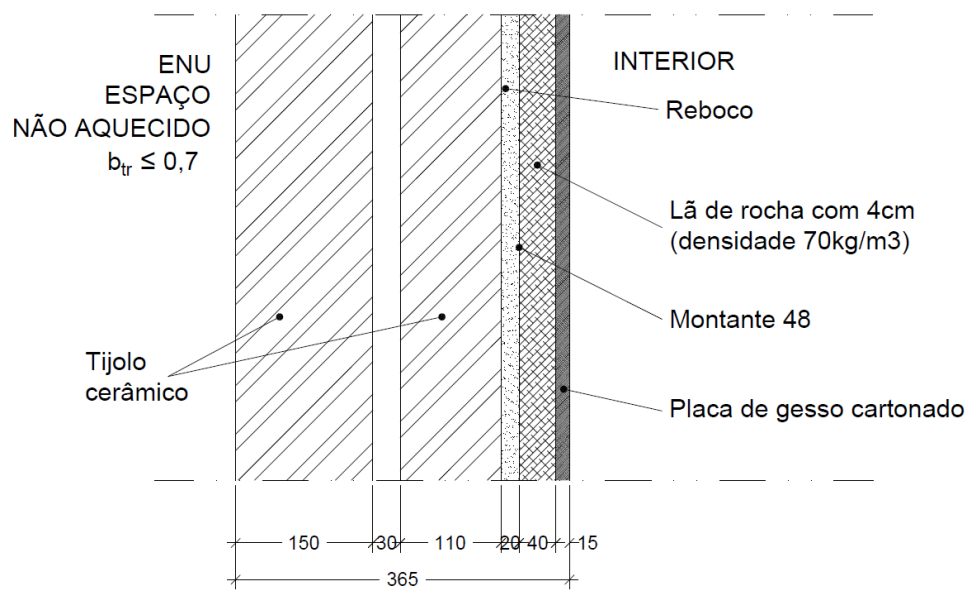


Figura 4.7 – Constituição da PDI1B (proposta)

Na Tabela 4.7 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PDI1B) adicionando dois elementos novos à parede existente (PDI1A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico e a placa de gesso cartonado.

Tabela 4.7 - PDI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	ρ (kg/m³)	Mst (kg/m²)	Msi (kg/m²)
Alv.tijolo cerâmico (30x20x15)	0,150		0,390	816,7	122,51	
Caixa de ar	0,030		0.180			
Alv. tijolo cerâmico (30x20x11)	0,110		0,270	875,5	96,31	
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
I.Térmico - lã de rocha 70kg/m3	0,040	0,040	1,000	70	2,80	
Placa de gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	1000	15,00	15,00
Espessura total	0,365		Massa Total		276,60	15,0
	R si =		0,13			
	R se =		0,13		Msi =	15,00
	R =		2,175			
	U =		(W/m2.°C) 0,460	≤	Umáx	OK
U máx (El. opacos horizontais)	I1	1,65	I2	1,30	I3	1,20
U máx (El. opacos verticais)		2,00		2,00		1,90

4.2.2 PSI1B - Parede simples interior (proposta)

Parede simples com isolamento térmico pelo interior, conforme Figura 4.8, com espessura total de 23,5cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura e resistência térmica de 0,390 m²·°C/W; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 4) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m·°C); 5) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,58 W/m²·°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 1,49 W/m²·°C.

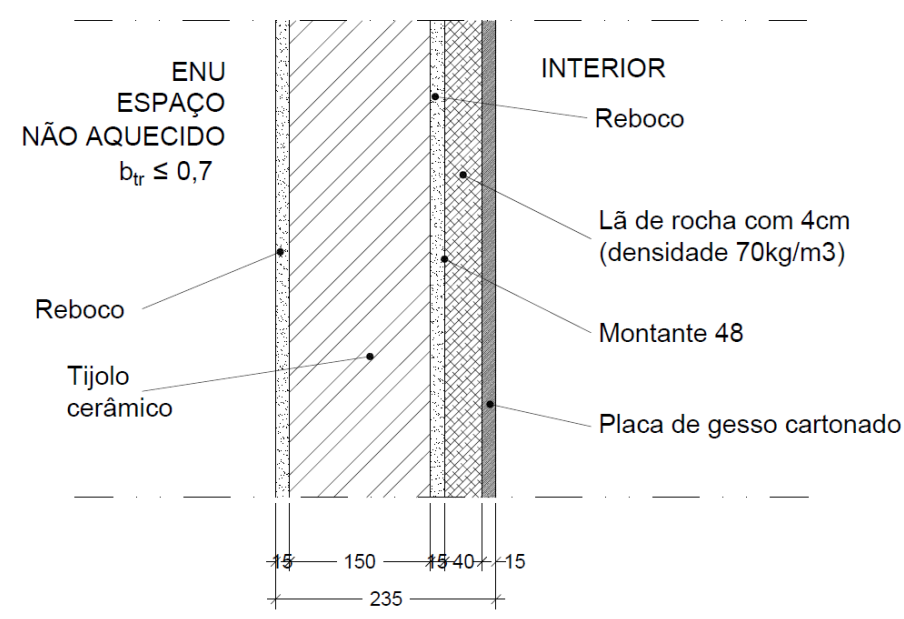


Figura 4.8 – Constituição da PSI1B (proposta)

Na Tabela 4.8 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PSI1B) adicionando dois elementos novos à parede existente (PSI1A), desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico e a placa de gesso cartonado.

Tabela 4.8 - PSI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m·°C)	R (m ² ·°C/W)	ρ (kg/m ³)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)
Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,300	0,012	1800	27,00	

Alv.tijolo cerâmico (30x20x15)	0,150		0,390	816,7	122,51	
Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,300	0,012	1800	27,00	
I.Térmico - Lã de rocha 70kg/m³	0,040	0,040	1,000	70	2,80	
Placa de gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	1000	15,00	15,00
Espessura total	0,235		Massa Total	194,30	15,0	
	R si =		0,13			
	R se =		0,13		Msi =	15,00
	R =		1,733			
	U =	(W/m ² .°C)	0,577	≤	Umáx	OK
U máx (El. opacos horizontais)	I1	1,65	I2	1,30	I3	1,20
U máx (El. opacos verticais)		2,00		2,00		1,90

4.2.3 Pontes térmicas planas (proposta)

A proposta para corrigir as pontes térmicas planas na envolvente interior vertical, será semelhante à solução adoptada para a zona corrente através de colocação de isolamento térmico com propriedades acústicas e placa de gesso cartonado pelo interior:

PTPI1B (PILAR) - Ponte térmica plana interior, conforme Figura 4.9, com espessura total de 39,5cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pilar em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 4) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m·°C); 5) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,67 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,27 W/m².°C.

PTPI2B (VIGA) - Ponte térmica plana interior, conforme Figura 4.9, com espessura total de 39,5cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Viga em betão armado com 30,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000 W/(m·°C); 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 4) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(m·°C); 5) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C).

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 0,67 W/m².°C.

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $2,27 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

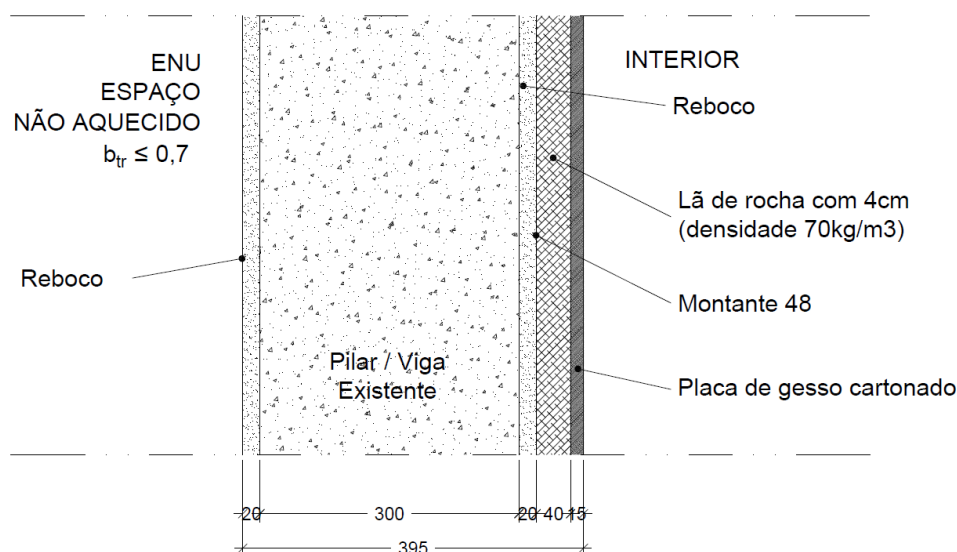


Figura 4.9 - Constituição da PTPI1B/PTPI2B (proposta)

Na Tabela 4.9 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (PTPI1B/PTPI2B) adicionando dois elementos novos à ponte térmica existente, desta forma, obtemos o resultado do contributo do isolamento térmico e a placa de gesso cartonado.

Tabela 4.9 – PTPI1B / PTPI2B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	ρ (kg/m³)	Mst (kg/m²)	Msi (kg/m²)
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
Pilar/Viga em betão armado	0,300	2,000	0,150	2400	720	
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
I.Térmico - lã de rocha 70kg/m3	0,040	0,040	1,000	70	2,80	
Placa de gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	1000	15,00	15,00
Espessura total	0,395		Massa Total		817,80	15,00
	R si =		0,13			
	R se =		0,13		Msi =	15,00
	R =		1,501			
	U =	(W/m2.°C)	0,666	≤	Umáx	OK
U máx (El. opacos horizontais)	I1	1,65	I2	1,30	I3	1,20
U máx (El. opacos verticais)		2,00		2,00		1,90

4.2.4 Vãos opacos interiores (proposta)

Porta opaca interior constituída por painel de madeira leve com 4,0 cm de espessura [condutibilidade térmica de $0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]. Este elemento não foi sujeito a intervenção.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $1,90 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

4.3 ENVOLVENTE OPACA HORIZONTAL INTERIOR

O edifício tem desvão de telhado, a solução proposta incorpora isolamento térmico repartido, colocado sobre a laje e na caixa de ar do tecto falso, porque o programa definido pela arquitectura prevê colocação de tecto falso para permitir a passagem de infraestruturas (hidráulica, electricidade, comunicações, ventilação) e também reduzir o pé direito, porque nos edifícios antigos este valor costuma ser generoso, neste caso em concreto o pé direito são 2,80 metros e vai ser reduzido no interior das fracções destinadas a habitação para 2,55 metros.

4.3.1 CBI1B – Cobertura interior (proposta)

Cobertura interior com isolamento térmico repartido, com requisitos de exterior, contigua ao desvão de telhado, conforme Figura 4.10, com espessura total de 56,5cm, com as seguintes camadas: 1) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 2) Laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilha cerâmica com 3 furos, com 25,0cm de espessura e resistência térmica para fluxo ascendente de $0,230 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e fluxo descendente de $0,250 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $1,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 4) Ar, com 20,0cm de espessura e resistência térmica ascendente de $0,160 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e resistência térmica descendente de $0,220 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; 5) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; 6) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0,250 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

O elemento possui um coeficiente de transmissão térmica (U asc.) igual a $0,38 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e (U desc.) igual a $0,35 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

A solução inicial apresentava um coeficiente de transmissão térmica (U asc.) igual a $2,25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e (U desc.) igual a $1,68 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

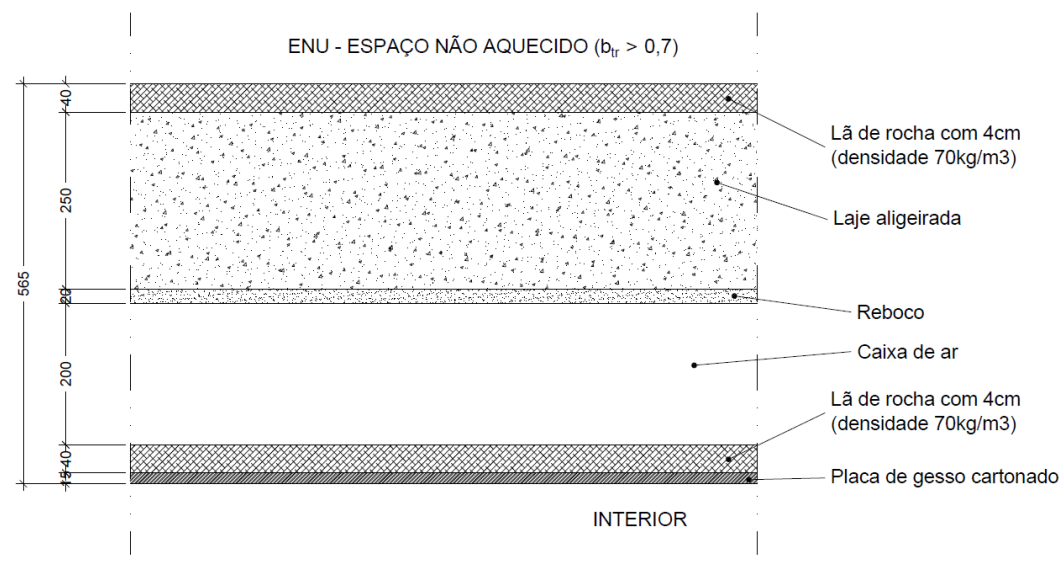


Figura 4.10 – Constituição da CBI1B (proposta)

Na Tabela 4.10 é realizado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução proposta (CBI1B) adicionando quatro elementos novos à cobertura existente (CBI1A), desta forma, obtemos o resultado do contributo das camadas introduzidas.

Tabela 4.10 - CBI1B: Coeficiente de transmissão térmica (Excel)

Elemento	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	ρ (kg/m³)	Mst (kg/m²)	Msi (kg/m²)
Lã mineral (Lã de rocha >70 kg/m³)	0,040	0,040	1,000	70		
Laje aligeirada de vigotas	0,250	<u>Desce</u>	0,250		0,23	<u>Ascende</u>
Reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	2000	40,00	
Caixa de ar	0,200	<u>Desce</u>	0,220		0,16	<u>Ascende</u>
Lã mineral (Lã de rocha >70 kg/m³)	0,040	0,040	1,000	70		
Gesso cartonado	0,015	0,250	0,060	800	12,00	12,00
Espessura total	0,565		Massa Total		52,39	12
Espaço útil - Espaço não-aquecido		<u>Ascende</u>	<u>Desce</u>			
<u>U ascendente</u>		R si = 0,10	0,17			
0,375		R se = 0,10	0,17		Msi =	12,00
<u>U descendente</u>		R =	2,665	2,885		
0,347		U =	(W/m2.°C) 0,347	≤	Umáx	OK
U máx (El. opacos horizontais)	I1	0,40	I2	0,35	I3	0,30
U máx (El. opacos verticais)		0,50		0,40		0,35

4.4 ELEMENTOS INTERIORES DA HABITAÇÃO

Conforme referido anteriormente estes elementos não têm efeito directo no cálculo do desempenho energético, no entanto, será necessário analisar uma possível alteração classe de inércia térmica do edifício, conforme Tabela 4.10 retirada do número 2 da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, com impacto no factor solar máximo admissível de vãos envidraçados, em função da zona climática (V2), implicando uma escolha mais criteriosa das características do vidro e colocação de dispositivos de sombreamento para reduzir factor solar.

Tabela 4.11 – Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$

$g_{Tmáx}$	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

4.4.1 Paredes de separação entre fracções (proposta)

Parede dupla com isolamento com propriedades acústicas, com espessura total de 35,0 cm, com as seguintes camadas: 1) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C); 2) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 15,0cm de espessura; 3) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura; 4) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura; 5) Pano de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11,0cm de espessura; 6) Argamassa e reboco tradicional, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300 W/(m·°C).

4.4.2 Lajes de separação entre fracções (proposta)

Pavimento interior com isolamento térmico na caixa de ar, com espessura total de 54,0cm, com as seguintes camadas: 1) Madeira semi-densa, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,180 W/(m·°C); 2) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0 cm de espessura; 3) Laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilha cerâmica com 3 furos, com 25,0cm de espessura; 4) Argamassa e reboco tradicional, com 2,0cm de espessura; 5) Ar, com 20,0cm de espessura; 6) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura; 7) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C).

4.4.3 Paredes divisórias (proposta)

As paredes existentes vão ser mantidas na generalidade e as novas paredes a construir vão ser executadas em soluções leves com perfis de aço galvanizado, placas de gesso cartonado com preenchimento em lã de rocha, com espessura total de 8,0cm, com as seguintes camadas: 1) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C); 2) Lã de rocha (MW), com 4,0cm de espessura; 3) Placa de gesso cartonado, com 1,5cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250 W/(m·°C).

4.5 ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados vão ser substituídos por caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo, mantendo o sistema de oclusão nocturna, do tipo tela interior opaca de cor clara.

4.5.1 Vãos envidraçados verticais exteriores (proposta)

Caixilharia metálica com corte térmico, vidro duplo colorido na massa 6mm + incolor 6mm, com 16mm de espaço de ar, mantendo o dispositivo de oclusão nocturna existente através de cortina interior opaca de cor clara.

Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite (U_{wdn}): 1,67 W/(m²·°C).

Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{vi}): 0,50

Valor factor solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de protecção (g_{Tvc}): 0,33

Factor solar do vão com todos os dispositivos de protecção permanentes ou móveis ativados (g_T): 0,22

A equação (4.1) é utilizada para calcular o factor solar com todos os dispositivos de protecção permanentes ou móveis ativados, para vidro duplo:

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0.75} = 0,50 \times \frac{0.33}{0.75} = 0.22 \quad (4.1)$$

Cumprir o requisito de $U_w < 2,80$ conforme Figura 2.2, para a zona climática I1.

Relativamente ao requisito mínimo para factor solar dos vãos envidraçados, temos que verificar a relação entre as áreas envidraçadas do compartimento que servem, excluindo os envidraçados orientados no quadrante norte, de acordo com as equações (4.2).

$$\begin{aligned}
 A_{env} &\leq 0,05 \times A_{pav} \rightarrow \text{Sem requisitos} \\
 0,05 \times A_{pav} &< A_{env} \leq 0,15 \times A_{pav} \rightarrow g_T \times F_o \times F_f \leq g_{Tmax} \\
 A_{env} &> 0,15 \times A_{pav} \rightarrow g_T \times F_o \times F_f \leq g_{Tmax} \times \frac{0,15}{A_{env}/A_{pav}}
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Em que:

A_{pav} – Área do compartimento (m^2)

A_{env} – Área dos envidraçados (m^2)

g_T – Factor solar global do vão envidraçado

F_o – Factor de sombreamento por elementos horizontais

F_f – Factor de sombreamento por elementos verticais

Como o edifício tem classe de inércia média e está situado em zona climática V2, o valor de g_{Tmax} assume o valor de 0,56 conforme apresentado na Tabela 4.11. Os vãos envidraçados têm características idênticas, não se encontram à face da parede e não existem elementos de sombreamento horizontais nem verticais.

Verificando o conjunto de vãos em situação mais desfavorável, garantimos o cumprimento dos requisitos mínimos para a totalidade dos vãos de ambas as fracções, no entanto, foi realizada a verificação para todos os vãos, conforme detalhado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Factor solar verificação dos requisitos mínimos

Elemento	Aenv m2	Apav m2	%	gT	Fo	Ff	gT.Fo.Ff	Requisito Mínimo	Verificação
VE1B - Fracção "H"	2,90	10,81	26,8	0,22	1,00	1,00	0,22	0,31	OK
VE2B - Fracção "H"	2,90	10,57	27,4	0,22	1,00	1,00	0,22	0,31	OK
VE3B- Fracção "H"	4,35	33,25	13,1	0,22	1,00	1,00	0,22	0,56	OK
VE1B - Fracção "I"	2,90	13,18	22,0	0,22	1,00	1,00	0,22	0,38	OK
VE2B - Fracção "I"	2,90	9,22	31,5	0,22	1,00	1,00	0,22	0,27	OK
VE3B - Fracção "I"	4,35	32,51	13,4	0,22	1,00	1,00	0,22	0,56	OK

4.6 SISTEMAS TÉCNICOS

Como vai ser refeita a instalação predial de abastecimento de águas, devido ao avançado estado de degradação da tubagem existente, o isolamento térmico deverá obedecer aos critérios definidos na Figura 2.3, que na nota (1) refere que para o isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária pode ser considerado um valor não inferior a 10mm, conjugado com ponto n.º6 o número 3.2 do Despacho n.º15793-I/2013 de 3 de Dezembro, que refere que o isolamento deve garantir uma resistência

térmica de, pelo menos $0,25\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$, caso contrário a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser reduzida, multiplicando por 0,90 de forma a para reflectir as perdas existentes na tubagem.

Neste caso em concreto, existem algumas paredes interiores com espessura reduzida que condicionam a espessura do isolamento térmico a colocar na tubagem de AQS, portanto a solução será aplicar isolamento térmico em espuma 10 mm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de $0.040\text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$, verificando o requisito conforme evidenciado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Isolamento térmico das tubagens AQS

TUBAGEM DE DISTRIBUIÇÃO AQS		
Material	ppr "coprax"	
Diâmetro	32	mm
Temperatura da água	60	°C
CARACTERISTICAS DO ISOLAMENTO TÉRMICO		
Material	Espuma	
Espessura	10	mm
Coeficiente de condutibilidade térmica (λ)	0,04	W/(m.°C)
Resistência	0,250	m².°C/W
Verificação	OK	
CARACTERÍSTICAS DE REFERÊNCIA		
Coeficiente de condutibilidade térmica (λ)	0,04	W/(m.°C)
Portaria 379A/2015 (4. Sistemas técnicos)		
Esp. mínima de isolamento nas tubagens	10	mm
Portaria 349B/2013 (Tabela I.07)		
Resistência térmica mínima	0,25	m².°C/W

4.6.1 Sistema para produção de AQS (proposta)

O sistema para produção de águas quentes sanitárias vai ser substituído por bomba de calor com potência de 250 W com capacidade 147 litros, para um perfil de consumo médio e classe Erp A⁺.

O equipamento possui um coeficiente de desempenho sazonal, que satisfaz o requisito mínimo referido na alínea e) do número 4.2 da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, para as duas situações de funcionamento:

- SCOP ar a 7°C (EN16147) = $2,90 > 2,30$
- SCOP ar a 14°C (EN16147) = $3,15 > 2,30$

4.6.2 Sistemas para climatização (proposta)

Actualmente, o edifício não está dotado de sistemas de climatização nem foi proposto a colocação de novos equipamentos.

4.7 TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR

Será necessário cumprir o requisito mínimo de ventilação de ($rph > 0,40 \text{ h}^{-1}$) para promover a qualidade do ar interior. Este edifício tem a particularidade de apenas uma fachada exposta para cada fracção.

O método de cálculo segundo EN 15242 e Despacho n.º15793-K/2013 de 3 de Dezembro, utilizando a ferramenta de cálculo de ventilação REH-ITeCons.

Foram dimensionadas as grelhas de ventilação para o caudal pretendido ($rph > 0,40 \text{ h}^{-1}$), obtendo desta forma a dimensão das aberturas de admissão de ar na envolvente, materializadas por grelhas de ventilação auto-reguláveis a 2 Pa, com atenuação acústica, instaladas na fachada do edifício com área livre de 310 cm^2 para a fracção “H”, conforme Figura 4.11 e área livre de 290 cm^2 para a fracção “I”.

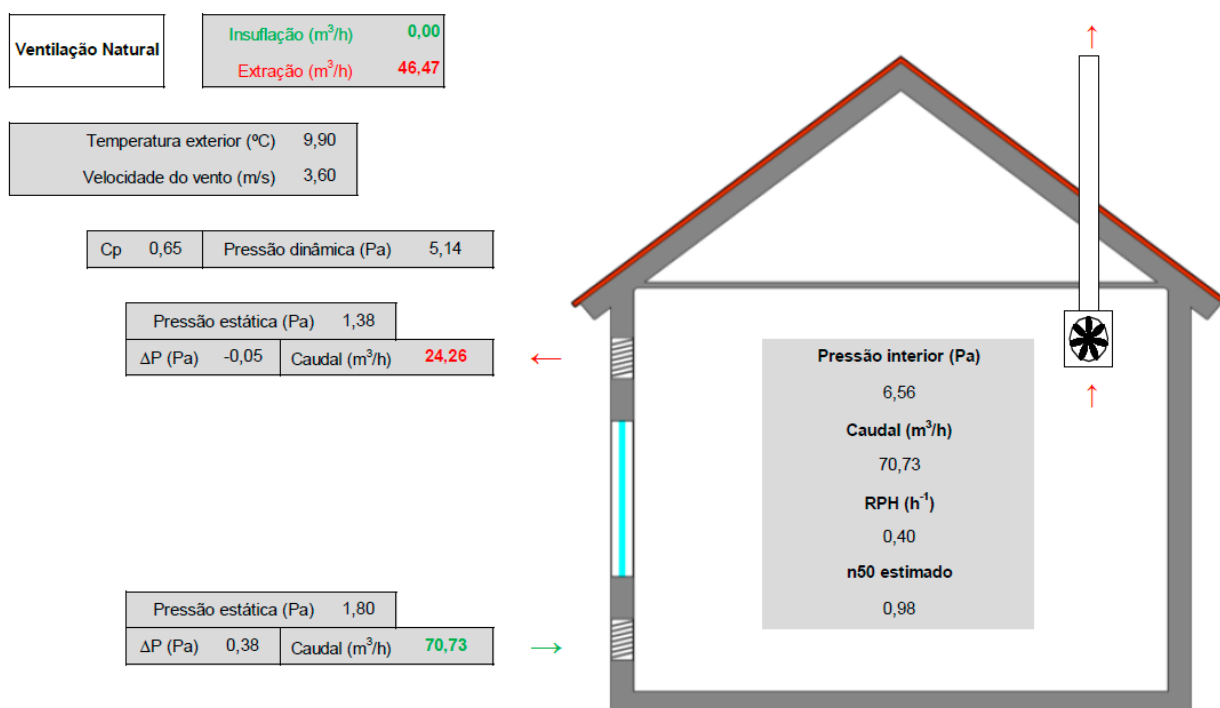


Figura 4.11 – Esquema da ventilação

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para elaboração do estudo de desempenho energético existem diversas ferramentas e aplicações informáticas que facilitam a metodologia de cálculo, sem as quais os procedimentos necessários para a realização do estudo, seria demasiado moroso com cálculos e tarefas repetitivas.

Algumas das aplicações disponíveis no mercado são as seguintes:

- Folha de cálculo da PTnZEB;
- Folha de cálculo do Itecons;
- CypeTherm REH do Cype2020;

Para a utilização do Cypetherm REH, foi construído um modelo BIM do edifício, com auxílio do programa “IFC Builder”, de utilização gratuita, com a descrição das soluções construtivas: paredes, lajes, vãos envidraçados, paredes divisórias, portas e introduzidos os compartimentos: quartos, instalações sanitárias, cozinha/sala e zonas comuns, que posteriormente foram agrupados para constituem as fracções autónomas distintas no interior do edifício. Também foram colocados edifícios contíguos e definida a orientação solar do edifício conforme ilustra a Figura 5.1:

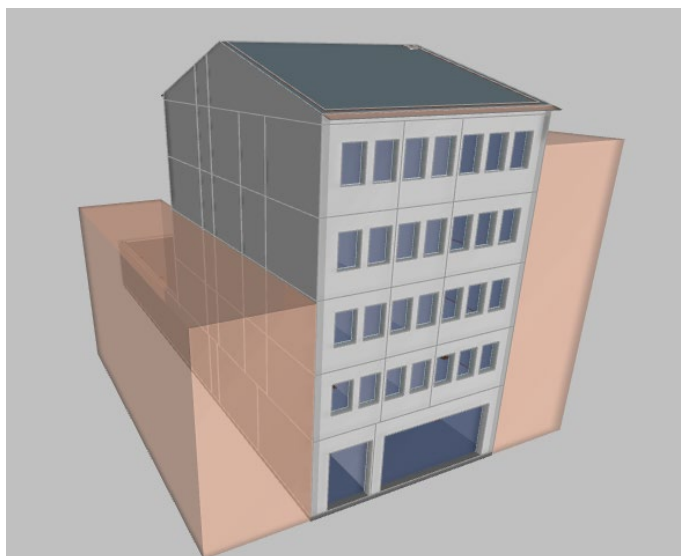


Figura 5.1 – Modelo BIM

Após a modelação o modelo foi exportado para a plataforma “BIMserver.center” e importado pelo programa “CypeTherm REH”, onde foi possível validar a informação do modelo e inserir dados para a análise de resultados.

O modelo pode ser parametrizado para incorporar soluções construtivas existentes nas bases de dados ou criadas pelo utilizador, permitindo a importação de elementos das diversas tipologias sem necessidade de intervenção do utilizador.

O ambiente gráfico desta aplicação é extremamente amigável e permite a visualização automática das soluções construtivas quando seleccionadas na biblioteca, permitindo identificar o pormenor construtivo e localização relativa no interior do edifício no modelo tridimensional, como ilustra a Figura 5.2. No separador “Análise gráfica de resultados” podemos visualizar, de forma dinâmica, os erros e as necessidades de energia térmica para a estação de inverno (N_{ic}) e estação de verão (N_{vc}), bem como a energia primária total.

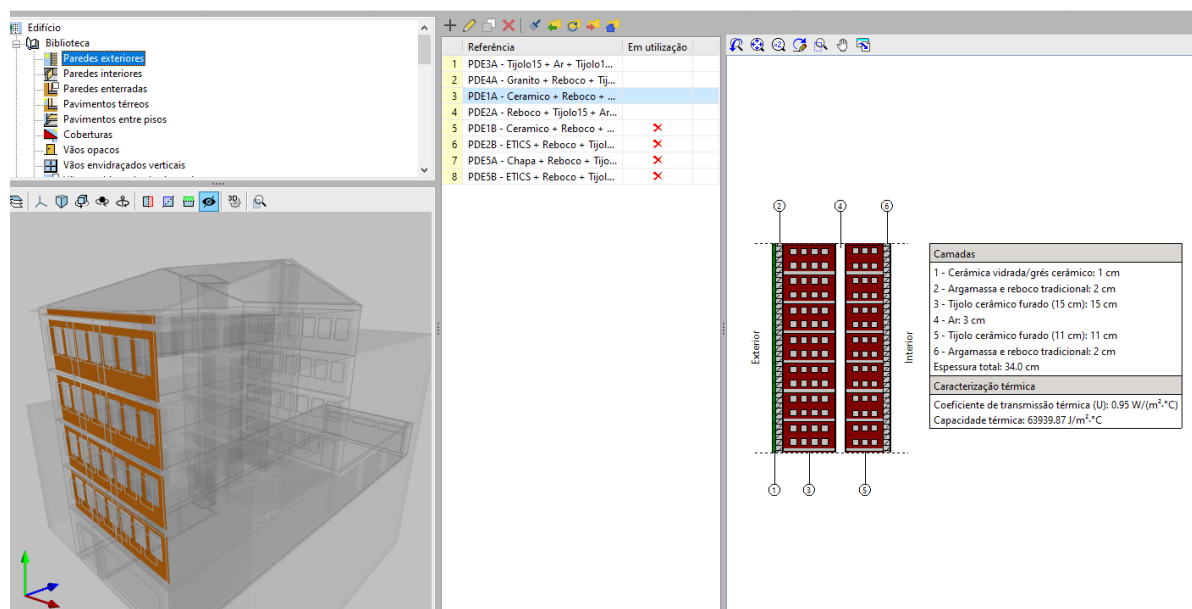


Figura 5.2 – Ambiente do programa Cypetherm REH

Esta metodologia seria vantajosa para projectos com alguma dimensão e complexidade, em que o modelo fidedigno desenvolvido serviria de base para todas as especialidades e qualquer alteração ou actualização do modelo seria comunicada a todas as especialidades com autorização para intervir no processo: arquitectura, estrutura, hidráulica, térmica, acústica, gás, avac, electricidade, etc... No entanto, o trabalho nesta plataforma implica o envolvimento de todas as equipas, que têm que falar a mesma linguagem para não existirem dificuldades de comunicação, prevenindo a ocorrência de erros durante processo.

Para este caso em particular foi uma experiência académica para descobrir e analisar as possibilidades desta ferramenta, utilizando a versão Campus do software Cype.

Para situações singulares, em que o objectivo seja apenas o estudo de desempenho energético, em que não existe modelo BIM e tempo despendido na sua modelação ou parametrização seja inviável, recomendo a utilização ferramenta das folhas de cálculo. Ambas as folhas de cálculo são gratuitas, no entanto para exportar para ficheiro com linguagem “XML” com a vantagem de importar os dados automaticamente através do protocolo “XML” para a plataforma do SCE - Sistema de Certificação Energética da ADENE – Agência para a Energia, para efeitos de emissão de Pré-Certificado ou Certificado Energético, a versão personalizada da folha de cálculo do “ITEcons” carece de licença válida por anuidade.

5.1 RESULTADOS

Conforme referido inicialmente o estudo incide sobre as fracções “H” e “I” que correspondem ao último piso do edifício, são fracções semelhantes mas com orientações distintas, a fracção “H” fica orientada a Oeste, enquanto a fracção “I” está orientada a Este.

Vamos analisar o balanço energético para cada uma das fracções em situação inicial e solução proposta, verificando o impacto das melhorias introduzidas.

Apresentam-se em anexo os resultados do estudo de desempenho energético das duas fracções, alvo deste trabalho, em situação inicial sem intervenção e após implementação das soluções propostas.

5.1.1 Situação inicial - Fracção “H”

A classe energética, é determinada através do rácio de classe energética, de acordo com a equação (2.20):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{406,24}{182,11} = 2,23 \rightarrow (E)$$

O balanço energético da fracção “H” na situação inicial é reflectido na Figura 5.2, Figura 5.3, Figura 5.4 e Figura 5.5, que representam os indicadores energéticos, indicadores de desempenho, indicadores de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	128,96	42,63	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	8,35	9,13	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783	
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	0	0	
Eren AQ5	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQ5 (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	0	0	
Eren.ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)		0,00	
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	406,24	182,11	
				Nto/Nt
				2,23
				Classe Energética
				E

Figura 5.3 - Indicadores energéticos (Situação inicial - Fracção “H”)

	Valor de Referência (kWh/m ² .ano)	Valor do Edifício (kWh/m ² .ano)	Renovável (%)
Aquecimento	42,63	128,96	0,00
Arrefecimento	3,04	0,00	0,00
AQS	27,17	33,54	0,00

Energia Renovável (%)	0,00
-----------------------	------

Emissões de CO ₂ (t/ano)	4,04
-------------------------------------	------

Figura 5.4 - Indicadores de desempenho (Situação inicial - Fracção “H”)

Paredes (W/°C)			PTP (W/°C)		Portas (W/°C)		PTL (W/°C)		Ht (W/°C)
Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	355,26
25,19	21,67	0,00	24,21	2,64	0,00	1,52	28,99	10,85	

Coberturas (W/°C)		Pavimentos (W/°C)			Vãos envidraçados (W/°C)		Renovação de Ar (W/°C)
Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hue
0,00	163,13	0,00	0,00	0,00	50,75	0,00	26,31

Figura 5.5 - Indicadores de aquecimento (Situação inicial - Fracção “H”)

Paredes (kWh)	Coberturas		Portas (kWh)	Vãos Envidraçados (kWh)	Ganhos Internos (kWh)
Qsol,v EXT	Qsol, v EXT	Qsol, Desv	Qsol, v EXT	Qsol, v EXT	Qint, v
396,39	0,00	1559,04	0,00	1065,32	809,06

Figura 5.6 - Indicadores de arrefecimento (Situação inicial - Fracção “H”)

5.1.2 Situação inicial - Fracção “I”

A classe energética, é determinada através do rácio de classe energética, de acordo com a equação (2.20):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{425,62}{195,84} = 2,17 \rightarrow (E)$$

O balanço energético da fracção “H” na situação inicial é reflectido na Figura 5.7, Figura 5.8, Figura 5.9 e Figura 5.10 que representam os indicadores energéticos, indicadores de desempenho, indicadores de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	133,94	45,88	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	8,39	9,13	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783	
Wm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	Nto/Nt 2,17
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	0	0	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	0	0	
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)		0,00	
Nto	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m ² .ano)	425,62	195,84	Classe Energética E

Figura 5.7 - Indicadores energéticos (Situação inicial - Fracção “I”)

	Valor de Referência (kWh/m ² .ano)	Valor do Edifício (kWh/m ² .ano)	Renovável (%)
Aquecimento	45,88	133,94	0,00
Arrefecimento	3,04	0,00	0,00
AQS	29,41	36,31	0,00

Energia Renovável (%)	0,00	Emissões de CO ₂ (t/ano)	3,91
-----------------------	------	-------------------------------------	------

Figura 5.8 - Indicadores de desempenho (Situação inicial - Fracção “I”)

Paredes (W/°C)	PTP (W/°C)	Portas (W/°C)	PTL (W/°C)	Ht (W/°C)
Hext	Hext	Hext	Hext	
Henu.adj	Henu.adj	Henu.adj	Henu.adj	
Hecs				340,14

Coberturas (W/°C)	Pavimentos (W/°C)	Vãos envidraçados (W/°C)	Renovação de Ar (W/°C)
Hext	Hext	Hext	Hve
Henu.adj	Henu.adj	Henu.adj	
	Hecs		

Figura 5.9 - Indicadores de aquecimento (Situação inicial - Fracção “I”)

Paredes (kWh)	Coberturas	Portas (kWh)	Vãos Envidraçados (kWh)	Ganhos Internos (kWh)
Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qint,v
381,34	0,00	0,00	1065,32	747,34
	Qsol, Desv			
	1432,17			

Figura 5.10 - Indicadores de arrefecimento (Situação inicial - Fracção “I”)

5.1.3 Soluções propostas - Fracção “H”

A classe energética, é determinada através do rácio de classe energética, de acordo com a equação (2.20):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{126,63}{134,77} = 0,94 \rightarrow (B-)$$

O balanço energético da fracção “H” com as soluções propostas é reflectido na Figura 5.11, Figura 5.12, Figura 5.13 e Figura 5.14 que representam os indicadores energéticos, indicadores de desempenho, indicadores de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

Sigla	Descrição	Valor	Referência
Nic	Neossidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	38,70	41,64
Nvc	Neossidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	0,15	0,13
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783
Wm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	1168	0
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1168	0
Eren.est	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00	
Ntc	Neossidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m ² .ano)	126,63	134,77

Nto/Nt	0,94
Classe Energética	B-

Figura 5.11 - Indicadores energéticos (Situação proposta - Fracção “H”)

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	41,64	38,70	0,00
Arrefecimento	3,04	3,05	0,00
AQS	9,22	25,81	65,52

Energia Renovável (%)	25,03	Emissões de CO2 (t/ano)	1,26
-----------------------	-------	-------------------------	------

Figura 5.12 - Indicadores de desempenho (Solução proposta - Fracção “H”)

Paredes (W/°C)			PTP (W/°C)		Portas (W/°C)		PTL (W/°C)		Ht (W/°C)
Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	130,06
12,72	9,93	0,00	5,73	0,78	0,00	1,52	28,99	10,85	

Coberturas (W/°C)		Pavimentos (W/°C)			Vãos envidraçados (W/°C)		Renovação de Ar (W/°C)	
Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hue	
0,00	27,55	0,00	0,00	0,00	16,96	0,00	24,05	

Figura 5.13 - Indicadores de aquecimento (Solução proposta - Fracção “H”)

Paredes (kWh)	Coberturas		Portas (kWh)	Vãos Envidraçados (kWh)	Ganhos Internos (kWh)
Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qsol, Desv	Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qint,v
136,01	0,00	324,80	0,00	689,33	809,06

Figura 5.14 - Indicadores de arrefecimento (Solução proposta - Fracção “H”)

5.1.4 Soluções propostas - Fracção “I”

A classe energética, é determinada através do rácio de classe energética, de acordo com a equação (2.20):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{135,73}{145,50} = 0,93 \rightarrow (B-)$$

O balanço energético da fracção “I” com as soluções propostas é reflectido na Figura 5.15, Figura 5.16, Figura 5.17 e Figura 5.18 que representam os indicadores energéticos, indicadores de desempenho, indicadores de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Nto/Nt
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	41,58	45,18	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	9,24	9,13	0,93
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783	
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		Classe Energética
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	1168	0	
Eren_AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1168	0	B-
Eren_ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	135,73	145,50	

Figura 5.15 - Indicadores energéticos (Situação proposta - Fracção “I”)

	Valor de Referência (kWh/m ² .ano)	Valor do Edifício (kWh/m ² .ano)	Renovável (%)
Aquecimento	45,18	41,58	0,00
Arrefecimento	3,04	3,08	0,00
AQS	9,98	27,94	65,52

Energia Renovável (%)	25,22
-----------------------	-------

Emissões de CO ₂ (t/ano)	1,25
-------------------------------------	------

Figura 5.16 - Indicadores de desempenho (Solução proposta - Fracção “I”)

Paredes (W/°C)			PTP (W/°C)		Portas (W/°C)		PTL (W/°C)		HR (W/°C)
Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	
11,08	10,55	0,00	5,49	1,11	0,00	1,52	28,99	11,83	135,62

Coberturas (W/°C)		Pavimentos (W/°C)			Vãos envidraçados (W/°C)		Renovação de Ar (W/°C)
Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hecs	Hext	Henu,adj	Hve
0,00	25,31	0,00	0,00	0,00	16,95	0,00	22,81

Figura 5.17 - Indicadores de aquecimento (Solução proposta - Fracção “I”)

Paredes (kWh)	Coberturas		Portas (kWh)	Vãos Envidraçados (kWh)	Ganhos Internos (kWh)
Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qsol, Desv	Qsol,v EXT	Qsol,v EXT	Qint,v
127,37	0,00	298,37	0,00	689,33	747,34

Figura 5.18 - Indicadores de arrefecimento (Solução proposta - Fracção “I”)

5.1.5 Comparativo

Os resultados obtidos são expostos na Tabela 5.1 com o comparativo de valores relativos aos indicadores energéticos de ambas as fracções e respectiva classe energética, em situação inicial e após intervenção com as soluções propostas no presente estudo.

Tabela 5.1 – Comparativo: Indicadores energéticos

Indicador	Fracção “H” (Área útil = 69,08m ²)		Fracção “I” (Área útil = 63,81m ²)	
	Situação inicial	Solução proposta	Situação inicial	Solução proposta
	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)
Nic	128,96	38,70	133,94	41,58
Nvc	8,35	9,15	8,39	9,24
Qa (kWh/ano)	1783	1783	1783	1783
Eren AQS (kWh/ano)	0	1168		1168
Ntc (kWh _{ep} /m ² .ano)	406,24	126,63	425,62	135,73
Classe Energética	E	B -	E	B -

Em função dos dados da Tabela 5.1, foram obtidos os gráficos reproduzidos na Figura 5.19 e Figura 5.20, para uma rápida análise das necessidades nominais de energia primária, em que podemos verificar uma redução na ordem de 70% para ambas as fracções, concretamente uma redução de 68,8% para a fracção “H” e 68,1% para a fracção “I”, representando uma poupança energética considerável.

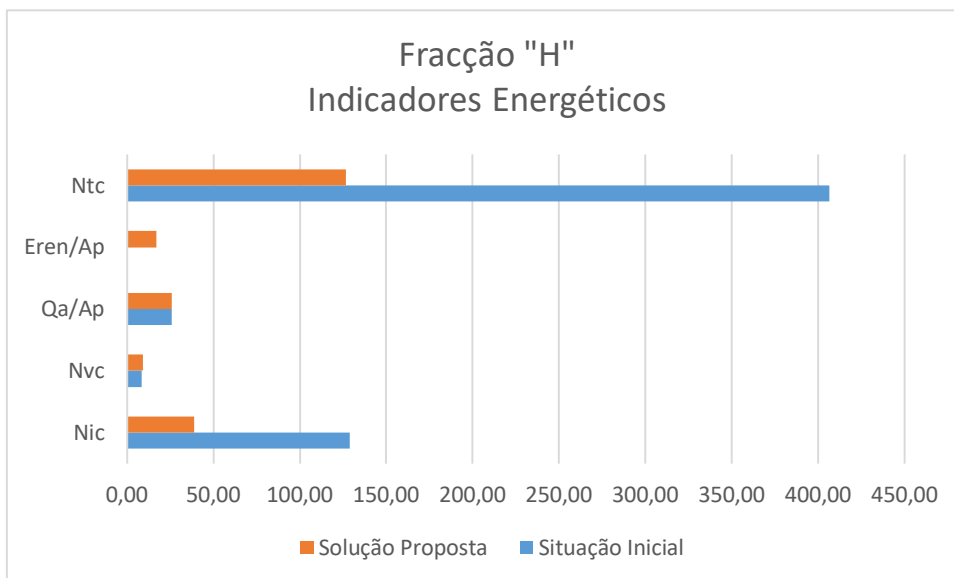


Figura 5.19 – Fracção “H”: Gráfico indicadores energéticos

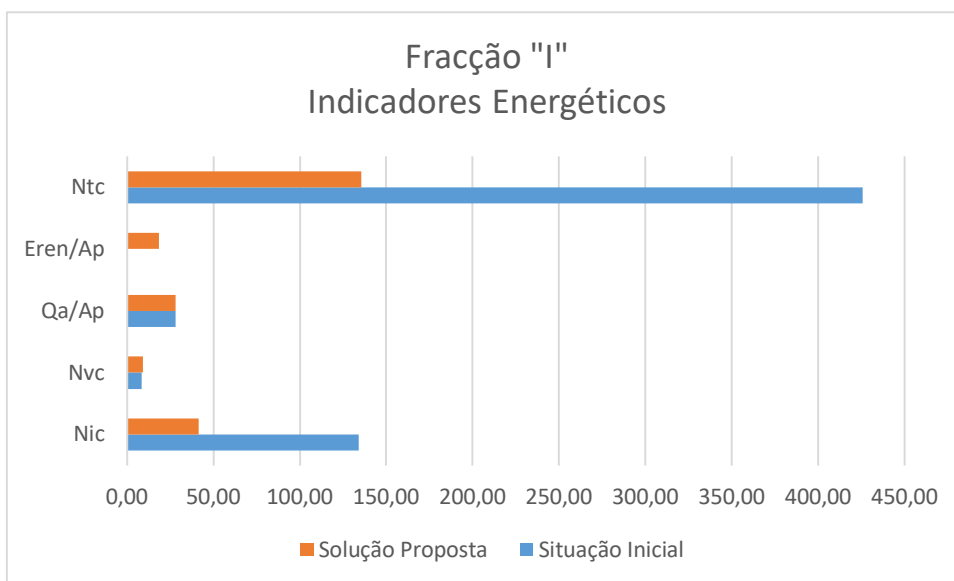


Figura 5.20 - Fracção “I”: Gráfico indicadores energéticos

Relativamente aos indicadores de desempenho: aquecimento, arrefecimento, AQS, energia renovável e emissões de CO₂, os resultados obtidos na Tabela 5.2 com o comparativo de valores de ambas as fracções, em situação inicial e após intervenção com soluções propostas.

Tabela 5.2 - Comparativo: Indicadores de desempenho

Indicador	Fracção "H" (Área útil = 69,08m ²)		Fracção "I" (Área útil = 63,81m ²)	
	Situação inicial (kWh/m ² .ano)	Solução proposta (kWh/m ² .ano)	Situação inicial (kWh/m ² .ano)	Solução proposta (kWh/m ² .ano)
Aquecimento	128,96	38,70	133,94	41,58
Arrefecimento	0,00	3,05	0,00	3,08
AQS	33,54	25,81 (65,52%)	36,31	27,94 (65,52%)
Eren (%)	0,00	25,03	0,00	25,22
Emissões CO2 (t/ano)	4,04	1,26	3,91	1,25

Os gráficos reproduzidos na Figura 5.21 e Figura 5.22, foram obtidos da Tabela 5.2, que permitem analisar a evolução dos indicadores, em que podemos verificar uma redução de quase todos os indicadores, representando uma redução de emissões de CO₂, associadas ao consumo de energia, na ordem dos 70%.

Os indicadores que não apresentam redução referem-se a valores nulos na situação inicial, sem qualquer equipamento destinado à produção de energia renovável.

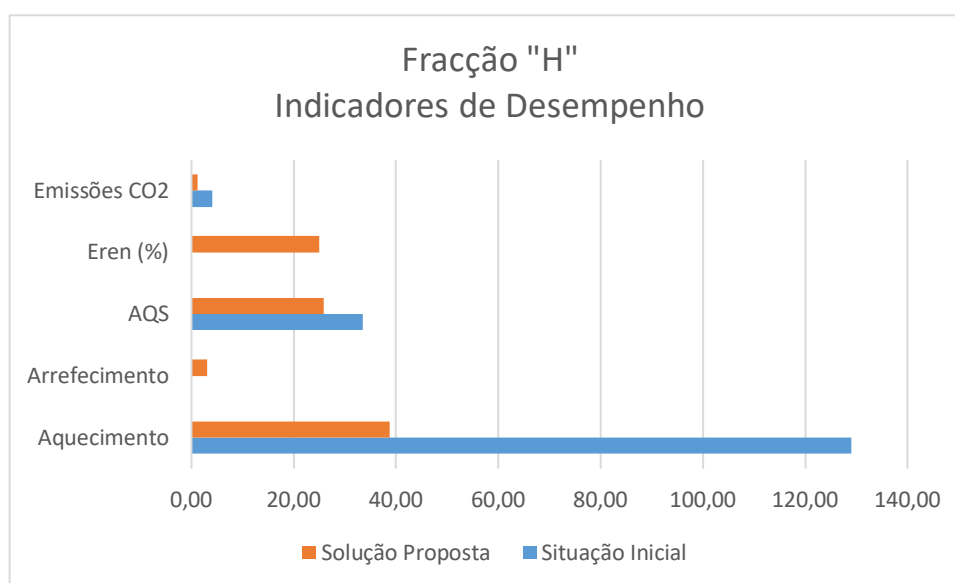


Figura 5.21 – Fracção "H": Gráfico indicadores de desempenho

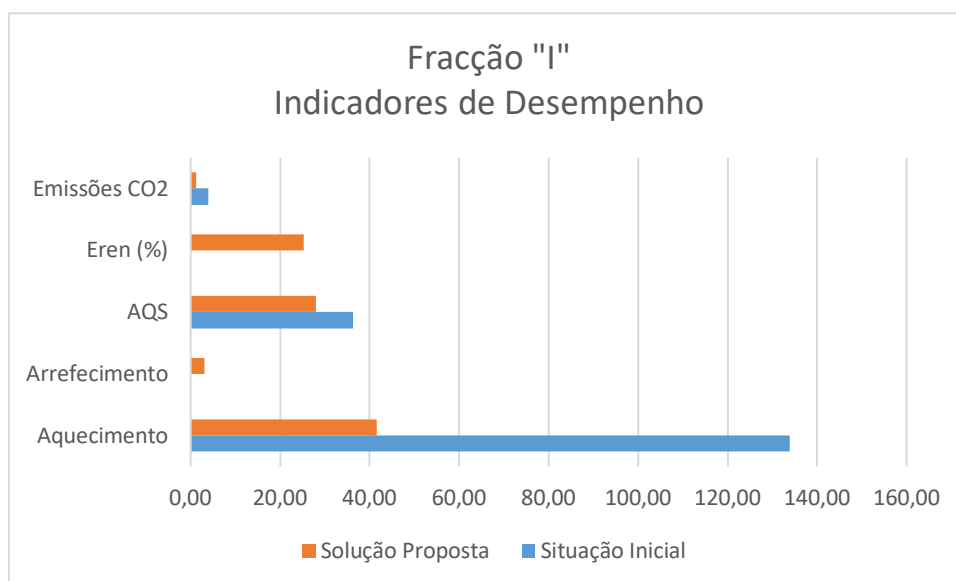


Figura 5.22 - Fracção "I": Gráfico indicadores de desempenho

Os indicadores de aquecimento definidos pelo coeficiente global de transferência de calor (H_t) é traduzido na Figura 5.23 e Figura 5.24, representando a evolução das parcelas relativas à transmissão de calor pela envolvente e por ventilação (H_{ve}) devido à renovação do ar interior, em que podemos verificar uma redução de todos os indicadores, que foram sujeitos a intervenção com as soluções propostas.

As fracções apresentam redução do coeficiente global de transmissão de calor semelhante, a fracção "H" apresenta uma redução de 60,9%, alterando o valor inicial de 355,26 W/°C para 139,07 W/°C, enquanto a fracção "I" apresenta uma redução de 60,1%, passando de 340,14 W/°C para 135,62 W/°C.

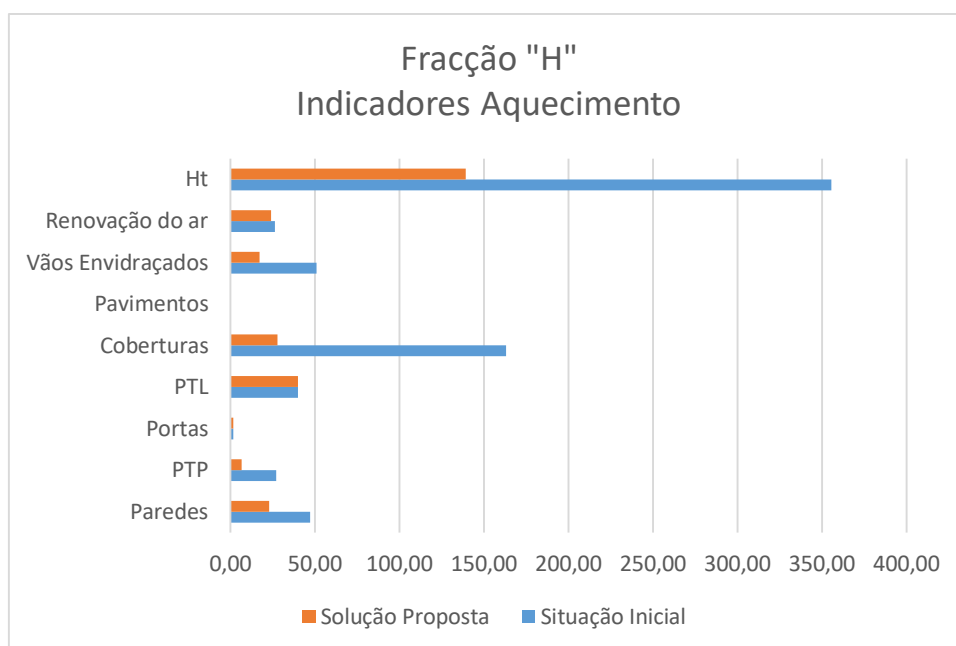


Figura 5.23 - Fracção "H": Gráfico indicadores de aquecimento

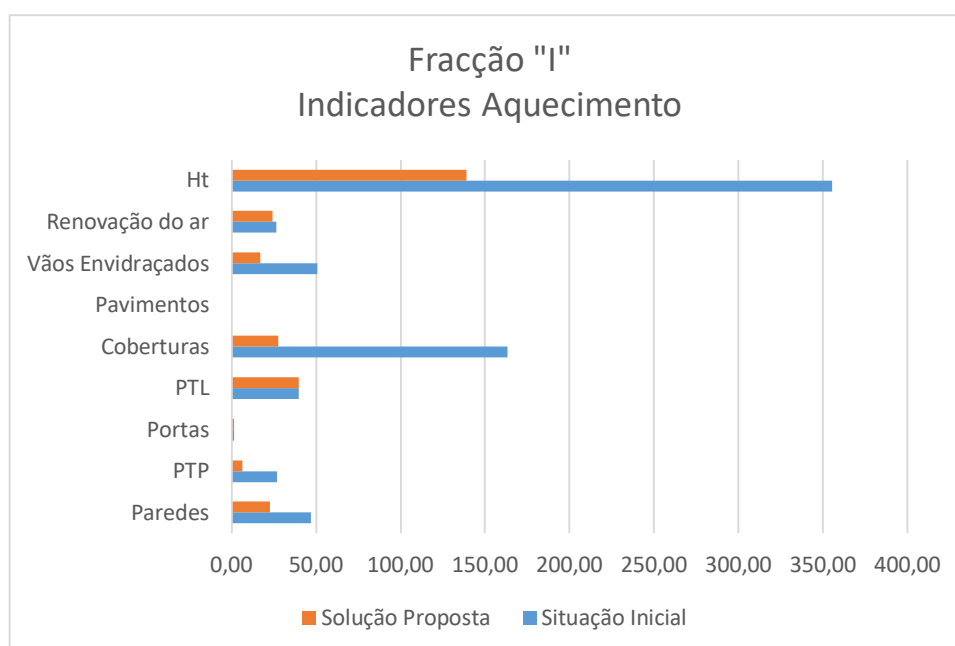


Figura 5.24 - Fracção "I": Gráfico indicadores de aquecimento

Os indicadores de arrefecimento são traduzidos na Figura 5.25 e Figura 5.26, representando a evolução das parcelas onde também podemos observar uma redução dos indicadores, que foram sujeitos a intervenção com as soluções propostas.

Salientar a redução de 79,2% de ganhos solares através da cobertura em ambas as fracções, sendo que na fracção "H", o valor inicial de 1559,04 kWh é alterado para 324,80 kWh, enquanto a fracção "I", com valor inicial de 1432,17 kWh sofre uma redução para 298,37 kWh.

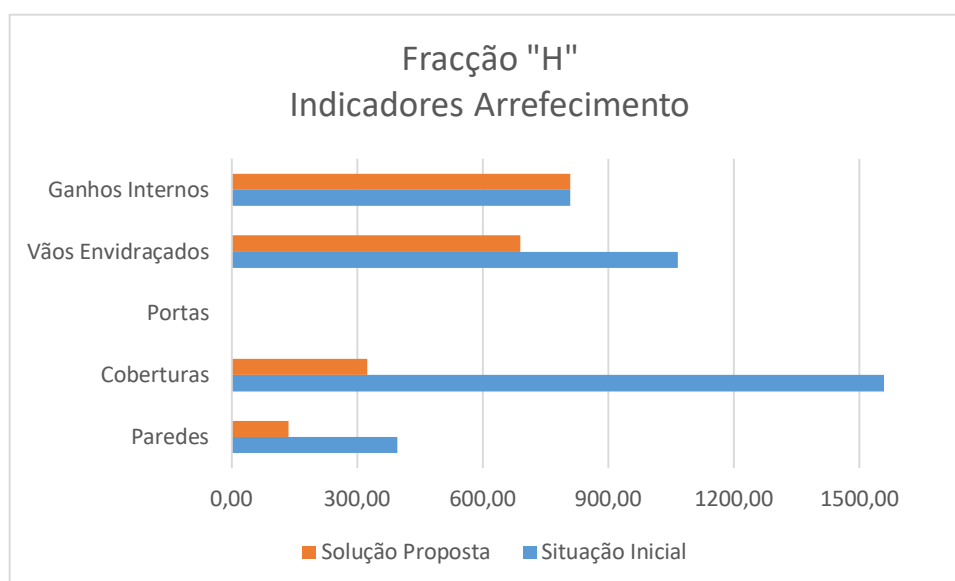


Figura 5.25 - Fracção "H": Gráfico indicadores de arrefecimento

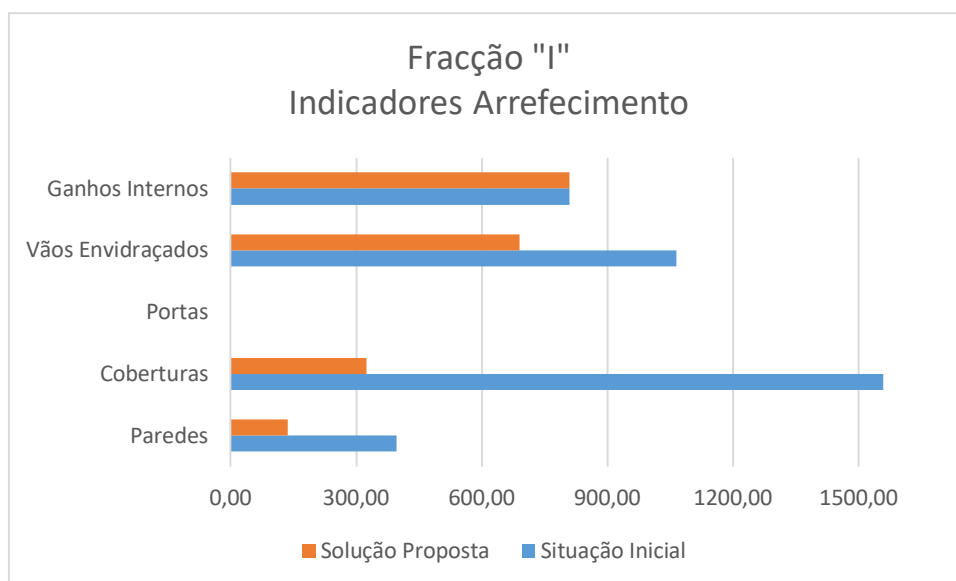


Figura 5.26 - Fracção "I": Gráfico indicadores de arrefecimento

5.2 CONCLUSÕES

As soluções propostas garantem uma redução substancial na factura energética, na ordem dos 70%, das necessidades nominais de energia útil, em situação de conforto térmico, com benefícios financeiros para os seus utilizadores.

Constata-se, no entanto, que na estação de Verão existe um ligeiro aumento das necessidades para arrefecimento com a introdução de soluções construtivas incorporando isolamento térmico.

As espessuras do isolamento térmico utilizadas nas soluções propostas foram condicionadas pelas características do edifício existente dando resposta ao programa definido pela arquitectura, minimizando o impacto nas áreas úteis interiores e ligação com os vãos exteriores, no entanto, as soluções propostas cumprem os requisitos exigidos no regulamento. Em construção nova ou projectos de reabilitação sem constrangimentos, as espessuras de isolamento poderão ser superiores tanto para a envolvente opaca exterior vertical como para a envolvente opaca exterior horizontal, devendo o isolamento térmico ser aplicado, sempre que possível, pelo lado exterior para melhorar o efeito provocado pela inércia térmica.

Conforme tínhamos referido, após a intervenção na envolvente, a inércia térmica das fracções em estudo passaram de "Forte" para "Média", devido à forma de contabilização da massa superficial dos elementos construtivos com a introdução de isolamento térmico ou caixa de ar.

As trocas de calor através da ventilação, por renovação do ar interior, poderiam ser reduzidas, introduzindo sistemas com possibilidade de recuperação de calor, isto porque sistemas eficientes com dimensionamento adequado permitem redução do consumo de energia.

A intervenção na envolvente dos edifícios, apostando em soluções passivas, através de pormenores construtivos que garantam bom comportamento térmico, como a colocação de vãos envidraçados (sistema composto pela caixilharia e vidro) com elevado desempenho, colocação de isolamento térmico, eliminar pontes térmicas ou introduzir elementos de sombreamento adequado, traduzem uma vantagem económica durante o período de vida útil do edifício.

5.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O período de transição energética poderá introduzir regulamentação mais exigente, no que diz respeito a soluções construtivas incorporadas nos edifícios, sistemas e equipamentos instalados, alavancando as áreas de pesquisa, investigação e desenvolvimento de produtos de construção civil.

Poderão ser desenvolvidos novos materiais de construção com essência sustentável, com marca ecológica e ambiental, isolamentos ou sistemas com características de elevado desempenho térmico com coeficientes de transmissão térmica quase nula e equipamentos mais eficientes, proporcionando elevado grau de conforto térmico associado a baixo consumo energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE - Agência para a Energia. Legislação. *SCE - Sistema de Certificação Energética*. [Online] [Citação: 16 de 03 de 2020.] <https://www.sce.pt/legislacao/>.

Cóias, Vitor. 2006. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. Lisboa : Instituto Superior Técnico, IST Press, 2006.

Diário da República Electrónico, INCM. *Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto*. s.l., Portugal : Diario da Republica Electrónico.

— . *Despacho n.º15793-D/2013*.

— . *Despacho n.º15793-F/2013*.

— . *Despacho n.º15793-H/2013*.

— . *Despacho n.º15793-I/2013*.

— . *Despacho n.º15793-J/2013*.

— . *Despacho n.º15793-K/2013*.

— . *Portaria n.º349-B/2013*.

— . *Portaria n.º379-A/2015*.

Pina dos Santos, Carlos A. e Rodrigues, Rodrigo. 2009. *Edifícios ITE54 – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Soluções construtivas de edifícios antigos/Soluções construtivas das Regiões - ICT Informação técnica*. Lisboa : Publicações LNEC, 2009.

Pina dos Santos, Carlos A. e Matias, Luís. 2007. *Edifícios ITE50 – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios - ICT Informação técnica*. Lisboa : Publicações LNEC, 2007.

PNEC2030 - Plano Nacional de Energia e Clima. 2019. 2019.

Vasco Peixoto Freitas, coordenação. 2012. *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*. Porto : Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

- CÁLCULO VENTILAÇÃO
- INÉRCIA TERMICA
- Folha A - TRANSFERÊNCIA
- Folha B - VENTILAÇÃO
- Folha C - GANHOS INVERNO
- Folha D - GANHOS VERÃO
- Folha E - AQUECIMENTO
- Folha F - ARREFECIMENTO
- Folha G –GLOBAL

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

Enquadramento do Edifício ou Fracção Autónoma

Tipo de edifício	Existente
Concelho	Porto
Altitude (m)	90
Região	B
Rugosidade	1
Área útil (m²)	89,08
Perímetro (m)	2,80
Volumetria (m³)	183,42
Temperatura (°C)	9,90
Altitude ref. (m)	94,00
A _{ext} /A _v	14,7%

Nº de pisos da fracção	1
Velocidade do vento, u10 (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,6 m/s	
Nº fachadas expostas	1
Altura do edifício, H _{ed} (m)	16,5
Altura da fracção, H _{fr} (m)	16
Edifícios/obstáculos?	☐
Altura do obstáculo, H _{ob} (m)	
Distância ao obstáculo, D _{ob} (m)	
Proteção do edifício	Desprotegido
Zona de fachada	Média

ver esquema

Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido o valor n₅₀? ☐

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m²)	Classe de permeabilidade ao ar de janelas	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vãos 1	10,15	Sem classificação	Perm. Alta

Aberturas de admissão de ar na envolvente

Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas? ☐

Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventos que não obtêm o escoamento de ar pela conduta

Existem condutas de ventilação natural? ☒

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventos?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de condutas semelhantes	Altura de conduta conhecida?	Altura de conduta (m)	Designação
Conduta V_N 1	Exaustão	Não	Alta	Inclinada (10° a 30°)	1	Não	3,50	Exaustão de instalação ventrílica
Conduta V_N 2								

Exaustão ou Insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventos)? ☐

Exaustão ou Insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos? ☐

RESULTADOS

RPH entrada condutas naturais (h⁻¹)	0,24
Rph,i (h⁻¹) - Aquecimento	0,40
bse,i (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,e (h⁻¹) - Arrefecimento	0,60
bse,e (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h⁻¹)	0,40
Rph,i REZ (h⁻¹)	0,40
Wm (kWh/ano)	0,00

Ponderar a implementação de medidas de melhoria no sistema de ventilação

Ver esquema de Ventilação (Método simplificado)

Ventilação Natural

Insuflação (m³/h) 0,00

Extração (m³/h) 46,37

Temperatura exterior (°C) 9,90

Velocidade do vento (m/s) 3,60

Cp 0,65

Pressão dinâmica (Pa) 5,14

Pressão estática (Pa) 1,40

ΔP (Pa) 0,02

Caudal (m³/h) 7,17

Pressão estática (Pa) 1,67

ΔP (Pa) 0,49

Caudal (m³/h) 39,20

Pressão interior (Pa) 6,52

Caudal (m³/h) 46,37

RPH (h⁻¹) 0,24

n50 estimado 5,90

82

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	9,40	136,31	136,31	1,00	1281,65
PDE2	16,94	136,31	136,31	1,00	2309,09
PTPPDE1	1,35	760,00	150,00	1,00	202,50
PTPPDE2	5,42	760,00	150,00	1,00	812,63
PTPPDE3	1,26	344,00	150,00	1,00	189,00
			0,00		
TOTAL					4794,87

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos da envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI2	15,81	176,51	150,00	1,00	2371,50
PTPPDI1	1,50	760,00	150,00	1,00	225,00
PTPPDI2	1,41	760,00	150,00	1,00	211,50
VOI1	2,00	20,00	20,00	0,50	20,00
			0,00		
TOTAL					2828,00

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,68	136,31	136,31	1,00	3091,51
			0,00		

INÉRCIA TÉRMICA

TOTAL 3091,51

Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	72,50	230,00	150,00	1,00	10875,00
			0,00		
TOTAL					10875,00

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Parede tijolo cerâmico 15	11,76	176,51	150,00	1,00	1764,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					1764,00

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Laje aligeirada 25cm	72,50	390,50	150,00	1,00	10875,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					10875,00

EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
-------------------------------	------------------------	----------------------------------	-----	---	---------

INÉRCIA TÉRMICA

				TOTAL	0,00

Pavimentos enterrados

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
				TOTAL	0,00

Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
				TOTAL	0,00

EL3 - Elementos de compartimentação

Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Paredes divisórias tijolo 7cm	68,88	106,78	106,78	1,00	7355,01
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	7355,01

Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00

INÉRCIA TÉRMICA

					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	0,00

It 601,96

Classe de inércia térmica Forte

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo A					TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR					A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U _{ref} W/m²·°C	U.A W/°C	
PDE1	9,40	0,95	8,93		correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil	PDE1	9,40	0,50	4,70
PDE2	16,94	0,96	16,26			PDE2	16,94	0,50	8,47
PTFPDE1	1,35	2,85	3,85			PTFPDE1	1,35	0,50	0,68
PTFPDE2	2,42	2,85	15,44			PTFPDE2	2,42	0,50	1,21
PTFPDE3	1,26	3,91	4,93			PTFPDE3	1,26	0,50	0,63
							-	-	-
				TOTAL				TOTAL	17,49
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{isolamento} W/m²·°C	U.A W/°C		COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{isolamento} W/m²·°C	U.A W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	
1 (VE1)	4,35	5,00	21,75		1 (VE1)	4,35	2,80	12,18	
2 (VE1)	2,90	5,00	14,50		2 (VE1)	2,90	2,80	8,12	
3 (VE1)	2,90	5,00	14,50		3 (VE1)	2,90	2,80	8,12	
				TOTAL				TOTAL	28,42
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ.B W/°C		PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ.B W/°C	
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	0,01	0,70	0,01		Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	0,01	0,50	0,01	
Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,70	13,79		Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,50	9,85	
Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,50	2,80		Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,40	2,24	
Fachada com calafateia	34,30	0,30	10,29		Fachada com calafateia	34,30	0,20	6,86	
Zona de calva de estores	7,00	0,30	2,10		Zona de calva de estores	7,00	0,20	1,40	
				TOTAL				TOTAL	20,36
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório exterior H _{ext} = 129,15 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório exterior H _{ext} = 65,86 W/°C				
A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
PD12	13,81	1,49	0,40	5,42	PD12	13,81	0,80	0,40	5,06
PTFPD11	1,50	2,27	0,40	1,36	PTFPD11	1,50	0,80	0,40	0,48
PTFPD12	1,41	2,27	0,40	1,28	PTFPD12	1,41	0,80	0,40	0,45
VD12	2,00	1,90	0,40	1,52	VD12	2,00	0,80	0,40	0,64
				TOTAL				TOTAL	6,63
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
PD11	22,68	0,90	0,60	12,25	PD11	22,68	0,80	0,60	10,89
				TOTAL				TOTAL	10,89
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
				TOTAL				TOTAL	0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
CB11	72,50	1,33	1,00	163,13	CB11	72,50	0,40	1,00	29,00
				TOTAL				TOTAL	29,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
				TOTAL				TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m²·°C	ψ ₀	U.A.ψ ₀ W/°C
				TOTAL				TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM ψ ₀ > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ ₀	ψ.B.ψ ₀ W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM ψ ₀ > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ ₀	ψ.B.ψ ₀ W/°C
Fachada com cobertura	13,50	0,70 BN/D	1,00	10,85	Fachada com cobertura	13,50	0,50 BN/D	1,00	7,75
				TOTAL				TOTAL	7,75
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H _{int} = 199,81 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H _{int} = 34,27 W/°C				
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				
PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C		PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 40)</i>	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C		PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 40)</i>	Área m	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 20) com ou sem isolamento</i>	Área m²	U _i W/m²·°C	A.U _i W/°C		PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 20) com ou sem isolamento</i>	Área m	U _i W/m²·°C	A.U _i W/°C	
				TOTAL				TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				
A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO					A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO				
Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H _{ext} = 129,15 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H _{ext} = 65,86 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H _{int} + H _{ext} = 199,81 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H _{int} + H _{ext} = 34,27 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr} = 328,95 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr} = 100,29 W/°C				
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO					A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO				
Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H _{ext} = 129,15 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H _{ext} = 65,86 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H _{int} = 187,56 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H _{int} = 49,38 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr} = 316,71 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr} = 109,84 W/°C				

Folha de Cálculo B		TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
1 - x 0,00 x 0 ÷ 77,37 = 1,00 x 0,34 x 0,40 x 69,08 x 2,80 = 26,31		0,34 x 0,40 x 69,08 x 2,80 = 26,31	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,d}$		Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ah,i REF}$	
Caudal médio diário insuflado V_{ins}		Área útil de pavimento A_u	
$R_{ah,i} \cdot A_u \cdot P_d$		Pé direito médio da fração P_d	
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor b_{temp}		Coeficiente de transferência de calor por ventilação H_{ref}	
B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO			
1 - x 0 x 0 ÷ 116,05 = 1,00 x 0,34 x 0,60 x 69,08 x 2,80 = 39,46			
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,d}$			
Caudal médio diário insuflado V_{ins}			
$R_{ah,i} \cdot A_u \cdot P_d$			
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor b_{temp}			
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ah,i}$			
Área útil de pavimento A_u			
Pé direito médio da fração P_d			
Coeficiente de transferência de calor por ventilação H_{ref}			

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} = \frac{0,72 \times 4}{1} \text{ W/m}^2 \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,21}{1} \text{ meses} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{69,08}{1} \text{ m}^2 \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,U}} = \frac{1235,08}{1} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\bar{g}_i$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,i} \cdot F_{a,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{e,i} = A_w \cdot F_o \cdot F_g \cdot \bar{g}_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,34	4,35	0,52	0,70	0,54	0,56	0,30
2 (VE1)	Oeste	0,34	2,90	0,52	0,70	0,36	0,56	0,20
3 (VE1)	Oeste	0,34	2,90	0,52	0,70	0,36	0,56	0,20
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Em nenhum caso o produto $X_i \cdot F_o \cdot F_g$ deve ser menor que 0,27;							TOTAL	0,71

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_g$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\bar{g}_i$ ou $\bar{g}_{i,ONU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,i} \cdot F_{a,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g ou $F_{g,ONU}$	Área efectiva colectora $A_{e,i} = A_w \cdot F_o \cdot F_g \cdot \bar{g}_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de $\bar{g}_{i,ONU}$ e $\bar{g}_{i,ONU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $\bar{g}_i$ será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $\bar{g}_{i,0}$ afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

$$\begin{aligned}
 & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} = \frac{0,71}{1} \text{ m}^2 \\
 & \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} = \frac{130}{1} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,21}{1} \text{ meses} \\
 & \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,U}} = \frac{569,90}{1} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,U}} = 1235,08 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,U}} = 569,90 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 1804,98 \text{ kWh/ano}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{vi} = 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

$$\times$$

$$0,146$$

$$\times$$

$$0,15$$

$$\times$$

$$\text{Área útil de pavimento } A_p = 69,08 \text{ m}^2$$

$$\times$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M = 6,21 \text{ meses}$$

$$=$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} = 1220,93 \text{ kWh/ano}$$

$$+$$

$$\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} = 1235,08 \text{ kWh/ano}$$

$$=$$

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 2456,016161 \text{ kWh/ano}$$

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 – GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{int} W/m²

Duração da estação de arrefecimento t_a horas

Área útil de pavimento A_p m²

+ 1000

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$ kWh/ano

D.2 – GANHOS SOLARES

VÍCIS ENVOLVIDAS

Designação do Envoltório	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis e Pers. actuais F_{act}	PS Global Prot. Móveis e Pers. R_p	PS Global Prot. Pers. $R_{p,p}$	PS de Vidro $g_{p,act}(1-R_p)(1-F_{act})$	Área Electiva $A_{e,act}=A_g \cdot F_g \cdot F_{ang} \cdot F_{act}$	Factor de Obstrução $F_{o,act}=F_{o,p} \cdot F_{p,act} \cdot F_{p,p}$	Intensidade de Radiação $I_{e,act}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,act} \cdot F_{o,act}$ kWh/ano
1 (V1)	Oeste	6,35	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,44	1,54	0,90	460,00	436,37
2 (V1)	Oeste	2,90	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,44	0,69	0,90	460,00	304,38
3 (V1)	Oeste	2,90	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,44	0,69	0,90	460,00	304,38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												1045,13	

Designação do Envoltório	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis e Pers. actuais F_{act}	PS de Vidro do lado Interior R_{int}	PS de Vidro do lado do ENI R_{ext}	$R_{int} \cdot R_{ext}$	Área Electiva $A_{e,ext}=A_g \cdot F_g \cdot F_{ang} \cdot R_{int} \cdot R_{ext}$	Factor de Obstrução $F_{o,ext}=F_{o,p} \cdot F_{p,act} \cdot F_{p,p}$	Intensidade de Radiação $I_{e,ext}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,ext} \cdot F_{o,ext}$ kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												0,00	

Adverte-se que os elementos opacos do ENI não causam sombreamento ao edifício interno, pelo que se anulou a área envolvente opaca e factor de obstrução dos vãos interiores $F_{o,act} = 1$ e $R_{int} = 1$.
 Caso o edifício interior do ENI não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar $g_{p,act}$ é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDES EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op}=U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \cdot F_{o,op}$ kWh/ano
PAREDES EXTERIOR	PDE1	Oeste	0,50	9,40	0,95	-	0,38	1,00	460,00	17,54
	PDE2	Norte	0,50	16,94	0,96	-	0,33	1,00	220,00	71,55
	PTPDE1	Oeste	0,50	1,35	1,85	0,54	0,08	1,00	460,00	37,71
	PTPDE2	Oeste	0,50	5,42	1,85	-	0,21	1,00	460,00	151,31
	PTPDE3	Oeste	0,50	1,36	1,91	-	0,10	1,00	460,00	48,28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									346,39	

COBERTURA EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op}=U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \cdot F_{o,op}$ kWh/ano
COBERTURA EXTERIOR		Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	300,00	-
TOTAL									0,00	

COBERTURAS INTERIORES		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op}=U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \cdot F_{o,op}$ kWh/ano
COBERTURAS INTERIORES		Horizontal	0,40	72,50	1,48	0,04	1,95	1,00	300,00	1539,04
TOTAL									1539,04	

VÍCIS OPACAS EXTERIORES		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op}=U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \cdot F_{o,op}$ kWh/ano
VÍCIS OPACAS EXTERIORES		-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00	

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada kWh/ano

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca kWh/ano

Ganhos Solares brutos $Q_{sol,br}$ kWh/ano

D.3 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$ kWh/ano

Ganhos solares brutos $Q_{sol,br}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{t,br}$ kWh/ano

D.4 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE RESERVENÇA

Ganhos internos médios q_{int} W/m²

Duração da Estação de Arrefecimento t_a horas

+ 1000

Factor solar de modo de reflexão g_{ext}

A_w/R_p

Radiação solar média de reflexão I_{ext} kWh/m².ano

kWh/m².ano

Área útil de Pavimento A_p m²

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{ext,br}$ kWh/ano

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	328,95 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	120,23 W/°C
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	26,31 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r, REF}$	26,31 W/°C
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r}$	355,26 W/°C	Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r, REF}$	146,53 W/°C
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	328,95 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	120,23 W/°C
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	9 919,12 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	3625,27 kWh/ano
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	26,31 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r, REF}$	26,31 W/°C
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r}$	793,21 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r, REF}$	793,21 kWh/ano
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício	Forte	Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i, REF}$	0,6
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	1804,98 kWh/ano	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b, REF}$	2456,02 kWh/ano
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr} + Q_{a,r}$	10712,33 kWh/ano	Ganhos totais úteis $Q_{g,u, REF}$	1473,61 kWh/ano
parâmetro γ_i	0,17		
parâmetro α_i	4,20 W/°C		
Factor de utilização dos ganhos η_i	1,00		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	1804,98 kWh/ano		
Ganhos totais úteis $Q_{g,u}$	1804,13 kWh/ano		
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	9919,12 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	3625,27 kWh/ano
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r}$	793,21 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r, REF}$	793,21 kWh/ano
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u}$	1804,13 kWh/ano	Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u, REF}$	1 473,61 kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)			
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8908,19 kWh/ano	Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2944,87 kWh/ano
Área útil de pavimento A_p	69,08 m²	Área útil de pavimento A_p	69,08 m²
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_h	128,95 kWh/m².ano	Límite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{h, REF}$	42,63 kWh/m².ano

ANEXO I – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo F		LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_t	316,71	W/°C
+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	39,46	W/°C
=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r}$	356,16	W/°C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_t	316,71	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
+		
	1000	
=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{t,v}$	3 801,99	kWh/ano
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	39,46	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
+		
	1000	
=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{a,r,v}$	473,69	kWh/ano
F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		
Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	3829,82	kWh/ano
+		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{t,v} + Q_{a,r,v}$	4275,68	kWh/ano
=		
parâmetro γ_v	0,90	
parâmetro α_v	4,20	W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,85	
F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA		
		Factor de utilização dos ganhos η_v
		0,83
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
$(1 - \eta_v)$	0,15	
x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	3829,82	kWh/ano
+		
Área útil de pavimento A_p	69,08	m²
=		
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	8,35	kWh/m².ano
F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
$(1 - \eta_{v,ref})$	0,17	
x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,ref}$	3720,10	kWh/ano
+		
Área útil de pavimento A_p	69,08	m²
=		
Límite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,13	kWh/m².ano

Folha de Cálculo G									
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO					G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA				
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m².ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh/kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta N_u / \eta_n F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta N_u / \eta_n F_{conv}$ kWh/m².ano	
Sistema por defeito	Electricidade	1,00			1	2,5	800,19	800,19	
TOTAL					TOTAL				
G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO					G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA				
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m².ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh/kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta N_u / \eta_n F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta N_u / \eta_n F_{conv}$ kWh/m².ano	
Sistema por defeito	Electricidade	1,00			1	2,5	0,00	0,00	
TOTAL					TOTAL				
G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS					G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA				
CONJUNTO DE AQS					CONJUNTO DE AQS DE REFERÊNCIA				
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS					Necessidades anuais de energia útil para				
consumo médio diário de referência M_{ref} 1,20 l					consumo médio diário de referência M_{ref} 1,20 l				
40					40				
nº de ocupantes de cada fração n 3					nº convencional de ocupantes de cada fração n 3				
factor de eficiência térmica 1					factor de eficiência térmica 1				
tempo médio diário de referência M_{ref} 1,20 l					consumo médio diário de referência M_{ref} 1,20 l				
aumento de temperatura ΔT 35 °C					aumento de temperatura ΔT 35 °C				
nº de dias de consumo 365 dias					nº de dias de consumo 365 dias				
3600000					3600000				
Ap 69,08 m²					Ap 69,08 m²				
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,AQS}$ 25,81 kWh/m².ano					Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,AQS}$ 25,81 kWh/m².ano				
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{u,AQS}$ kWh/m².ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh/kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta Q_{u,AQS}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta Q_{u,AQS}$ kWh/m².ano	
Sistema 1	Electricidade	25,81	1,00		1	2,5	645,08	645,08	
Sistema por defeito	Electricidade	25,81	1,00		1	2,5	645,08	645,08	
TOTAL					TOTAL				
G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA									
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm} 0 kWh/ano									
Área útil de pavimento A_v 69,08 m²									
Factor de Conversão F_{conv} 2,5 kWh/kWh									
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação 0,00 kWh/m².ano									
G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL									
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_v kWh/m².ano	Factor de Conversão F_{conv} kWh/kWh	Energia primária E_{ren}/A_v kWh/m².ano					
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00					
TOTAL					TOTAL				
G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
Energia primária para aquecimento 322,39 kWh/m².ano									
Energia primária para arrefecimento 0,00 kWh/m².ano									
Energia primária para a preparação de AQS 645,08 kWh/m².ano									
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica 0,00 kWh/m².ano									
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável 0,00 kWh/m².ano									
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p 967,47 kWh/m².ano									
G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
Energia primária para aquecimento 226,57 kWh/m².ano									
Energia primária para arrefecimento 0,00 kWh/m².ano									
Energia primária para a preparação de AQS 645,08 kWh/m².ano									
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p 871,65 kWh/m².ano									

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

- CÁLCULO VENTILAÇÃO
- INÉRCIA TERMICA
- Folha A - TRANSFERÊNCIA
- Folha B - VENTILAÇÃO
- Folha C - GANHOS INVERNO
- Folha D - GANHOS VERÃO
- Folha E - AQUECIMENTO
- Folha F - ARREFECIMENTO
- Folha G –GLOBAL

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Existente
Concelho	Porto
Altitude (m)	98
Região	B
Rugosidade	I
Área útil (m²)	89,81
Pé direito (m)	2,80
Volume (m³)	178,67
Temperatura (°C)	9,90
Altitude ref. (m)	94,00
A _{ext} /A _u	15,9%

Nº de pisos da fracção	1
Velocidade do vento, u10 (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,6 m/s	
Nº fachadas expostas	1
Altura do edifício, H _{edif} (m)	16,5
Altura da fracção, H _{frac} (m)	16
Edifícios/obstáculos?	☐
Altura do obstáculo, H _{obs} (m)	
Distância ao obstáculo, D _{obs} (m)	
Protecção do edifício	Desprotegido
Zona de fachada	Média

ver esquema

Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido o valor n₅₀?

☐

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m²)	Classe de permeabilidade ao ar de janelas	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vãos 1	10,15	Sem classificação	Perm. Alta

Aberturas de admissão de ar na envolvente

Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas?

☐

Condutas de ventilação natural(condutas com exaustores/ventax que não obtêm o escoamento de ar pela conduta

Existem condutas de ventilação natural?

☒

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventax?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de condutas semelhantes	Altura da conduta conectada?	Altura da conduta (m)	Designação
Conduta V_N_1	Exaustão	Não	Alta	Inclinada (10° a 30°)	1	Não	3,50	Exaustão da instalação sanitária
Conduta V_N_2								

Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)?

☐

Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos?

☐

RESULTADOS

RPH estimada condições nominais (h-1)	0,26
Rph,i (h-1) - Aquecimento	0,40
lwe,i (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60
lwe,v (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Rph,i REF (h-1)	0,40
Wem (W/hWwa)	0,00

Ponderar a implementação de medidas de melhoria no sistema de ventilação

Ver esquema de Ventilação (Método simplificado)

Ventilação Natural

Insuflação (m³/h)

0,00

Extração (m³/h)

46,37

Temperatura exterior (°C)

9,90

Velocidade do vento (m/s)

3,60

Cp

0,65

Pressão dinâmica (Pa)

5,14

Pressão estática (Pa)

1,40

ΔP (Pa)

0,02

Caudal (m³/h)

7,17

Pressão estática (Pa)

1,87

ΔP (Pa)

0,49

Caudal (m³/h)

39,20

Pressão interior (Pa)

6,52

Caudal (m³/h)

46,37

RPH (h⁻¹)

0,26

n50 estimado

6,38

→

→

96

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	9,40	136,31	136,31	1,00	1281,65
PDE2	13,16	136,31	136,31	1,00	1793,84
PTPPDE1	1,35	760,00	150,00	1,00	202,50
PTPPDE2	5,42	760,00	150,00	1,00	812,63
PTPPDE3	1,26	344,00	150,00	1,00	189,00
			0,00		
TOTAL					4279,62

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos da envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI2	18,50	176,51	150,00	1,00	2775,00
PTPPDI1	1,50	760,00	150,00	1,00	225,00
PTPPDI2	2,64	760,00	150,00	1,00	396,00
VOI1	2,00	20,00	20,00	0,50	20,00
			0,00		
TOTAL					3416,00

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,68	136,31	136,31	1,00	3091,51
			0,00		

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	66,60	230,00	150,00	1,00	9990,00
			0,00		
TOTAL					9990,00

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Parede tijolo cerâmico 15	11,76	176,51	150,00	1,00	1764,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					1764,00

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Laje aligeirada 25cm	66,60	390,50	150,00	1,00	9990,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					9990,00

Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

EL3 - Elementos de compartimentação

Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Paredes divisórias tijolo 7cm	50,40	106,78	106,78	1,00	5381,71
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
TOTAL					5381,71

Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
TOTAL					0,00

It 594,15

Classe de inércia térmica Forte

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de cálculo A

A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR

PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
POEI1	9,40	0,96	9,03
POEI2	13,18	0,96	12,63
PTFFOEI1	1,15	2,85	3,29
PTFFOEI2	5,42	2,85	15,44
PTFFOEI3	1,26	3,91	4,93
TOTAL			45,87

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR

Área A m²	U _{cobertura} W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K	
1 (VEI)	4,35	5,00	21,75
2 (VEI)	2,90	5,00	14,50
3 (VEI)	2,90	5,00	14,50
TOTAL			50,75

VÃOS OPACOS EXTERIORES

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES

Comp. B m	ψ W/m.K	ψ.B W/K	
Fachada com cobertura	0,01	0,70	0,01
Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,70	13,79
Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,50	2,80
Fachada com calvária	34,30	0,30	10,29
Zona de calva de estores	7,00	0,30	2,10
TOTAL			28,99

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório exterior H_{ext}

123.61

W/K

A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR

PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
correção quando o área de envidraçados excede 20% da área útil	0,00	-	-
POEI1	9,40	0,50	4,70
POEI2	13,18	0,50	6,59
PTFFOEI1	1,15	0,50	0,58
PTFFOEI2	5,42	0,50	2,71
PTFFOEI3	1,26	0,50	0,63
TOTAL			15,30

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR

Área A m²	U _{cobertura} W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K	
1 (VEI)	4,35	2,80	12,18
2 (VEI)	2,90	2,80	8,12
3 (VEI)	2,90	2,80	8,12
TOTAL			28,42

VÃOS OPACOS EXTERIORES

Área A m²	U W/m².K	U.A W/K
TOTAL		0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES

Comp. B m	ψ W/m.K	ψ.B W/K	
Fachada com cobertura	0,01	0,50	0,01
Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,50	9,85
Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,40	2,24
Fachada com calvária	34,30	0,20	6,86
Zona de calva de estores	7,00	0,20	1,40
TOTAL			20,36

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório exterior H_{ext}

64.07

W/K

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
PDII1	18,30	1,49	0,40	11,03
PTFPDII1	1,50	2,17	0,40	1,36
PTFPDII2	2,64	0,40	0,40	0,40
VDII1	2,00	1,90	0,40	1,52
TOTAL				16,31

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K	
PDII2	22,68	0,90	0,60	12,23
TOTAL				12,23

PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

COBERTURAS INTERIORES [SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS]

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K	
CBII	66,60	2,23	1,00	149,83
TOTAL				149,83

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES

Comp. B m	ψ W/m.K	d _v	ψ.B.d _v W/K	
Fachada com cobertura	16,90	0,70	1,00	11,83
TOTAL				11,83

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H_{int}

190.23

W/K

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
PDII1	18,30	0,80	0,40	5,92
PTFPDII1	1,50	0,80	0,40	0,48
PTFPDII2	2,64	0,80	0,40	0,84
VDII1	2,00	0,80	0,40	0,64
TOTAL				7,88

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K	
PDII2	22,68	0,80	0,60	10,89
TOTAL				10,89

PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

COBERTURAS INTERIORES [SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS]

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K	
CBII	66,60	0,40	1,00	26,64
TOTAL				26,64

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Área A m²	U W/m².K	d _v	U.A.d _v W/K
			0,00
TOTAL			0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES

Comp. B m	ψ W/m.K	d _v	ψ.B.d _v W/K	
Fachada com cobertura	16,90	0,50	1,00	8,43
TOTAL				8,43

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H_{int}

59.86

W/K

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

PAREDES ENTERRADAS	Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
			0,00
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS

Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0)

Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
TOTAL		0,00

PAVIMENTOS TÊRREOS

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade >=0) com ou sem isolamento

Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
TOTAL		0,00

Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

PAREDES ENTERRADAS	Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
			0,00
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS

Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0)

Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
TOTAL		0,00

PAVIMENTOS TÊRREOS

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade >=0) com ou sem isolamento

Área A m²	U _{so} W/m².K	A.U _{so} W/K
TOTAL		0,00

Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext}

123.61

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{int} + H_{ext}

190.23

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}

315.84

W/K

A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext}

64.07

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{int} + H_{ext}

59.86

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}

117.93

W/K

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext}

123.61

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{int}

177.99

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}

303.60

W/K

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext}

64.07

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{int}

42.87

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{so}

0,00

W/K

+

Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}

107.04

W/K

Folha de Cálculo B		TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
	1		
	-		
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,I}$	0,00		
	x		
Caudal médio diário insuflado V_{ins}	0	0	m^3/h
	+		
$R_{sh,I} \cdot A_{u,I} \cdot P_d$	71,47	0,34	m^3/h
	=		
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{t,e,R}$	1,00		
	x		
	0,34		
	x		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{sh,I}$	0,40	0,40	h^{-1}
	x		
Área útil de pavimento A_u	63,81	63,81	m^2
	x		
Pé direito médio da fração P_d	2,80	2,80	m
	=		
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{sh,I}$	24,30	24,30	$W/^{\circ}C$
B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO			
	1		
	-		
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,V}$	0		
	x		
Caudal médio diário insuflado V_{ins}	0	0	m^3/h
	+		
$R_{sh,V} \cdot A_{u,V} \cdot P_d$	107,20	0,60	m^3/h
	=		
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{t,e,R}$	1,00		
	x		
	0,34		
	x		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{sh,V}$	0,60	0,60	h^{-1}
	x		
Área útil de pavimento A_u	63,81	63,81	m^2
	x		
Pé direito médio da fração P_d	2,80	2,80	m
	=		
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{sh,V}$	36,45	36,45	$W/^{\circ}C$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} = \frac{0,72}{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,21}{6,21} \text{ meses} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{63,81}{63,81} \text{ m}^2 \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,U}} = \frac{1140,86}{1140,86} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno δ_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,i} \cdot F_{s,i} \cdot F_{t,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{e,i} = A_w \cdot F_o \cdot F_g \cdot \delta_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ m ²
1 (VE1)	Este	0,34	4,35	0,52	0,70	0,54	0,56	0,30
2 (VE1)	Este	0,34	2,90	0,52	0,70	0,36	0,56	0,20
3 (VE1)	Este	0,34	2,90	0,52	0,70	0,36	0,56	0,20
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Em nenhum caso o produto $X \cdot F_o \cdot F_g \cdot \delta_i$ deve ser menor que 0,27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_g$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\delta_i \cdot \delta_{\text{LNU}}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,i} \cdot F_{s,i} \cdot F_{t,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,\text{LNU}}$	Área efectiva colectora $A_{e,i} = A_w \cdot F_o \cdot F_g \cdot \delta_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de g_{LNU} e g_{LNU} não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp, \text{LNU}}$ afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

$$\begin{aligned}
 & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} = 0,71 \text{ m}^2 \\
 & \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} = \frac{130}{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,21}{6,21} \text{ meses} \\
 & \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,U}} = \frac{569,90}{569,90} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,U}} = 1140,86 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,U}} = 569,90 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 1710,76 \text{ kWh/ano}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{s,v} = 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p = 63,81 \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M = 6,21 \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{solv} = 1127,79 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} = 1140,86 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 2268,650713 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 – GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{int} W/m²

Duração da estação de arrefecimento t_a horas

Área útil de pavimento A_p m²

+

1000

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$ kWh/ano

D.2 – GANHOS SOLARES

VÍOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis e Pers. F_{prot}	PS Global Prot. Móveis e Pers. R_p	PS Global Prot. Pers. R_{p2}	PS de Vidro $g_{v,ext}$ ou $F_{v,ext}$	Área efectiva $A_{v,eff} = A_v \cdot F_g \cdot F_{ang}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
1 (V1)	Este	4,35	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,84	3,64	0,90	490,00	454,57
2 (V2)	Este	2,90	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,84	2,40	0,90	490,00	304,38
3 (V3)	Este	2,90	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,36	0,36	0,84	2,40	0,90	490,00	304,38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													1063,33

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis e Pers. F_{prot}	PS de Vidro do vidro do EN2 $R_{v,ext}$	PS de Vidro do vidro do EN2 $R_{v,ext2}$	Área efectiva $A_{v,eff} = A_v \cdot F_g \cdot F_{ang}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												0,00

Adverte-se que os elementos opacos do EN2 não causam arrefecimento no vidro interno, pelo que os ganhos de radiação solar não são calculados e o factor de obstrução das vidras interiores F_{ob} é igual a 1.
 Caso o vidro exterior do EN2 não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes, o factor solar $g_{v,ext}$ é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

Elementos Exteriores	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área efectiva $A_{v,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
PDR1	Este	0,50	9,40	0,96	-	0,28	1,00	490,00	88,48
PDR2	Norte	0,50	14,16	0,96	-	0,25	1,00	220,00	55,56
PTPDR1	Este	0,50	1,85	2,85	0,34	0,28	1,00	490,00	47,75
PTPDR2	Este	0,50	5,42	2,85	-	0,41	1,00	490,00	151,43
PTPDR3	Este	0,50	1,36	3,91	-	0,33	1,00	490,00	48,28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									381,48

Elementos Exteriores	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área efectiva $A_{v,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	300,00	-
TOTAL									0,00

Elementos Exteriores	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área efectiva $A_{v,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
CR1	Horizontal	0,40	66,90	1,40	0,04	3,79	1,00	300,00	342,17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									342,17

Elementos Exteriores	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{op} [m ² .°C]/W	Área efectiva $A_{v,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{op}$	Factor de Obstrução F_{ob}	Intensidade de Radiação i_{ra} kWh/m ² .ano	$i_{ra} \cdot F_{ob} \cdot A_{v,eff}$ kWh/ano
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada kWh/ano

+

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca kWh/ano

+

Ganhos Solares brutos $Q_{sol,br}$ kWh/ano

D.3 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$ kWh/ano

+

Ganhos solares brutos $Q_{sol,br}$ kWh/ano

+

Ganhos térmicos brutos $Q_{t,br}$ kWh/ano

D.5 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int} W/m²

Duração da Estação de Arrefecimento t_a horas

+

1000

Factor solar de efeito de reflexão g_{refl} kWh/m².ano

+

A_{refl}/A_p kWh/m².ano

+

Radiação solar média de referência i_{refl} kWh/m².ano

+

kWh/m².ano

+

Área útil de Pavimento A_p m²

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,refl}$ kWh/ano

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	$\frac{315,84}{W/^{\circ}C}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	$\frac{117,93}{W/^{\circ}C}$
+		+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	$\frac{24,30}{W/^{\circ}C}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r, REF}$	$\frac{24,30}{W/^{\circ}C}$
=		=	
Coeficiente de transferência de calor H_{tr}	$\frac{340,14}{W/^{\circ}C}$	Coeficiente de transferência de calor $H_{tr, REF}$	$\frac{142,23}{W/^{\circ}C}$
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
0,024		0,024	
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	$\frac{1\ 256}{^{\circ}C \cdot dias}$	Número de graus-dias de aquecimento GD	$\frac{1\ 256}{^{\circ}C \cdot dias}$
x		x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	$\frac{315,84}{W/^{\circ}C}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	$\frac{117,93}{W/^{\circ}C}$
=		=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	$\frac{9\ 523,81}{kWh/ano}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	$\frac{3556,05}{kWh/ano}$
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
0,024		0,024	
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	$\frac{1\ 256}{^{\circ}C \cdot dias}$	Número de graus-dias de aquecimento GD	$\frac{1\ 256}{^{\circ}C \cdot dias}$
x		x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$	$\frac{24,30}{W/^{\circ}C}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r, REF}$	$\frac{24,30}{W/^{\circ}C}$
=		=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r}$	$\frac{732,70}{kWh/ano}$	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r, REF}$	$\frac{732,70}{kWh/ano}$
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício	Forte	Factor de utilização dos ganhos η_{REF}	0,6
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	$\frac{1710,76}{kWh/ano}$	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b, REF}$	$\frac{2268,65}{kWh/ano}$
+		+	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr}+Q_{a,r}$	$\frac{10256,51}{kWh/ano}$	Ganhos totais úteis $Q_{g,u, REF}$	$\frac{1361,19}{kWh/ano}$
=		=	
parâmetro γ_i	0,17		
parâmetro a_i	$\frac{4,20}{W/^{\circ}C}$		
Factor de utilização dos ganhos η_i	1,00		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	$\frac{1710,76}{kWh/ano}$		
=			
Ganhos totais úteis $Q_{g,u}$	$\frac{1709,99}{kWh/ano}$		
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	$\frac{9523,81}{kWh/ano}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	$\frac{3556,05}{kWh/ano}$
+		+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r}$	$\frac{732,70}{kWh/ano}$	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,r, REF}$	$\frac{732,70}{kWh/ano}$
-		-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u}$	$\frac{1709,99}{kWh/ano}$	Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u, REF}$	$\frac{1\ 361,19}{kWh/ano}$
(folha de cálculo 1.4)		=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	$\frac{8546,52}{kWh/ano}$	Necessidades Anuais na estação de aquecimento	$\frac{2927,56}{kWh/ano}$
+		+	
Área útil de pavimento A_p	$\frac{63,81}{m^2}$	Área útil de pavimento A_p	$\frac{63,81}{m^2}$
=		=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_a	$\frac{133,94}{kWh/m^2 \cdot ano}$	Límite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_i	$\frac{45,88}{kWh/m^2 \cdot ano}$

ANEXO II – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO INICIAL)

Folha de Cálculo F		LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO			
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR			
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_b	303,60	$W/^{\circ}C$	
	+		
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	36,45	$W/^{\circ}C$	
	=		
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	340,04	$W/^{\circ}C$	
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_b	303,60	$W/^{\circ}C$	
	x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	$^{\circ}C$	
	x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas	
	÷		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{b,v}$	3 644,61	kWh/ano	
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR			
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	36,45	$W/^{\circ}C$	
	x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	$^{\circ}C$	
	x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas	
	÷		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{a,v}$	437,55	kWh/ano	
F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	3626,18	kWh/ano	
	÷		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{b,v} + Q_{a,v}$	4082,16	kWh/ano	
	=		
parâmetro γ_v	0,89		
parâmetro α_v	4,20	$W/^{\circ}C$	
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,85		
		Factor de utilização dos ganhos η_r	0,83
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
$(1 - \eta_v)$	0,15		
	x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	3626,18	kWh/ano	
	÷		
Área útil de pavimento A_p	63,81	m^2	
	=		
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{a,v}$	8,39	kWh/ m^2 .ano	
		$(1 - \eta_{v,ref})$	0,17
			x
		Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,ref}$	3436,30
			kWh/ano
			÷
		Área útil de pavimento A_p	63,81
			m^2
			=
		Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,13
			kWh/ m^2 .ano

Fórmula de Cálculo G								LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA														
G.1- NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO														
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $\dot{Q}_{A,p}$ kW/m².ano	f _e	g	Eficiência Nominal η _n	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Necessidades de Energia Final $\dot{E}_{A,p} = \dot{Q}_{A,p}/F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $\dot{E}_{A,p,NP} = \dot{E}_{A,p}/\eta_n$ kWh/m².ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Límite das Necessidades de Energia Útil $\dot{Q}_{A,p}$ kW/m².ano	f _e	Eficiência Nominal de Referência η _{r,nr}	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh
Sistema por defeito	Electricidade	1,00	1,00	1	0,9	2,5	234,34	264,34	Sistema por defeito	Electricidade	1,00	1	0,9	2,5
TOTAL								234,34	TOTAL					
G.2- NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO														
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $\dot{Q}_{R,p}$ kW/m².ano	f _e	g	Eficiência Nominal η _n	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Necessidades de Energia Final $\dot{E}_{R,p} = \dot{Q}_{R,p}/F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $\dot{E}_{R,p,NP} = \dot{E}_{R,p}/\eta_n$ kWh/m².ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Límite das Necessidades de Energia Útil $\dot{Q}_{R,p}$ kW/m².ano	f _e	Eficiência Nominal de Referência η _{r,nr}	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh
Sistema por defeito	Electricidade	1,00	1,00	1	0,9	0,50	0,50	0,50	Sistema por defeito	Electricidade	1,00	1	0,9	2,5
TOTAL								0,50	TOTAL					
G.3- NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AGUA														
CONSUMO DE AGUA								CONSUMO DE AGUA DE REFERÊNCIA						
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGU consumo médio diário de referência M_{AGU} [] 120 nº de ocupantes de cada fração n = 40 factor de eficiência térmica = 0,9 tempo médio diário de referência MAGZ [] 120								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGU DE REFERÊNCIA consumo médio diário de referência M_{AGU} [] 120 nº convencional de ocupantes de cada fração n = 40 factor de eficiência térmica = 0,9 consumo médio diário de referência MAGZ [] 120						
Ap = 63,85 m² Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGU $\dot{Q}_{A,p}$ 27,34 kWh/m².ano								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGU $\dot{Q}_{A,p}$ 27,34 kWh/m².ano						
TOTAL 231,34								TOTAL 231,34						
G.4- NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MÉDICA														
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação médica W_{ve} [] 0 kWh/ano Área útil de Pavimento A_p 63,85 m² Factor de Conversão F_{conv} 2,5 kWh _{hp} /kWh Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação $\dot{E}_{A,p}$ 0,50 kWh/m².ano														
G.5- ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL														
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	F_{ren}/A_p kWh/m².ano	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Energia primária $\dot{E}_{A,p,ren}$ kWh/m².ano										
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,50	1	0,50										
TOTAL					TOTAL									
G.6- LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA														
Energia primária para aquecimento 234,34 kWh/m².ano					Energia primária para aquecimento 234,70 kWh/m².ano									
Energia primária para arrefecimento 0,50 kWh/m².ano					Energia primária para arrefecimento 2,63 kWh/m².ano									
Energia primária para a preparação de AGU 90,78 kWh/m².ano					Energia primária para a preparação de AGU 72,53 kWh/m².ano									
Energia primária necessária para o sistema de ventilação médica 0,50 kWh/m².ano					Limites das necessidades nominais anuais globais de energia primária n 235,84 kWh/m².ano									
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável 0,50 kWh/m².ano														
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p 425,62 kWh/m².ano														

ANEXO III – FRACÇÃO “H” (SOLUÇÃO PROPOSTA)

- CÁLCULO VENTILAÇÃO
- INÉRCIA TERMICA
- Folha A - TRANSFERÊNCIA
- Folha B - VENTILAÇÃO
- Folha C - GANHOS INVERNO
- Folha D - GANHOS VERÃO
- Folha E - AQUECIMENTO
- Folha F - ARREFECIMENTO
- Folha G –GLOBAL

ANEXO III – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Existente
Concelho	Porto
Altitude (m)	96
Raio	0
Rugosidade	1
Área útil (m²)	69,08
Pé direito (m)	2,55
Volumen (m³)	176,15
Temperatura (°C)	9,90
Altitude rel. (m)	94,00
A _{ext} /A _i	14,7%

Nº de peças de fracção	1
Velocidade do vento, u10 (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,6 m/s	
Nº fachadas expostas	1
Altura do edifício, H _{ed} (m)	16,5
Altura da fracção, H _{fr} (m)	16
Edifício/obstáculo?	☐
Altura do obstáculo, H _{ob} (m)	
Distância ao obstáculo, D _{ob} (m)	
Proteção do edifício	Desprotegido
Zona de fachada	Média

ver esquema

Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido o valor n₅₀? ☐

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m²)	Classe de permeabilidade ao ar de janelas	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vãos 1	10,15	2	Não tem

Aberturas de admissão de ar na envolvente

Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas? ☒

Abertura	Tipo de abertura	Área lisa (m²) / Caudal (m³/h)	Designação
Abertura 1	Auto-regulável a 2 Pa	310,00	Gradeas autoreguláveis a 2 Pa, instaladas na fachada
Abertura 2			

Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventos que não obtêm o escoamento de ar pela conduta

Existem condutas de ventilação natural? ☒

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventos?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de condutas semelhantes	Altura da conduta conectada?	Altura da conduta (m)	Designação
Conduta V _{N1}	Exaustão	Sim	Alta	Inclinada (10° a 30°)	1	Não	3,50	Exaustão de instalação exterior
Conduta V _{N2}								

Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluído exaustores ou ventos)? ☐

Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos? ☐

RESULTADOS

RPH estimada condições nominais (h=1)	0,40
Rph (h=1) - Aquecimento	0,40
Rea (h=1) - recuperação de calor	0,0%
Rph,v (h=1) - Arrefecimento	0,80
Rea,v (h=1) - recuperação de calor	0,0%

Rea mínimo de ventilação (h=1)	0,40
Rph REF (h=1)	0,40
Wen (W/hano)	0,00

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

Ver esquema da Ventilação (Método simplificado)

Ventilação Natural

Insuflação (m³/h) 0,00

Extração (m³/h) 46,47

Temperatura exterior (°C) 9,90

Velocidade do vento (m/s) 3,60

Cp 0,65

Pressão dinâmica (Pa) 5,14

Pressão estática (Pa) 1,38

ΔP (Pa) -0,05

Caudal (m³/h) 24,26

Pressão estática (Pa) 1,80

ΔP (Pa) 0,38

Caudal (m³/h) 70,73

Pressão interior (Pa) 6,56

Caudal (m³/h) 70,73

RPH (h⁻¹) 0,40

n50 estimado 0,96

←

→

↑

↓

Diagrama de ventilação simplificado

110

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	9,40	15,00	15,00	1,00	141,04
PDE2	16,94	136,31	136,31	1,00	2309,09
PTPPDE1	1,35	15,00	15,00	1,00	20,25
PTPPDE2	5,42	720,00	150,00	1,00	812,63
PTPPDE3	1,26	15,00	15,00	1,00	18,90
			0,00		
TOTAL					3301,90

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos da envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI2	15,81	15,00	15,00	1,00	237,15
PTPPDI1	1,50	15,00	15,00	1,00	22,50
PTPPDI2	1,41	15,00	15,00	1,00	21,15
VOI1	2,00	20,00	20,00	0,50	20,00
			0,00		
TOTAL					300,80

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,68	15,00	15,00	1,00	340,20
			0,00		

TOTAL	340,20
-------	--------

Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	72,50	15,00	15,00	1,00	1087,50
			0,00		
TOTAL					1087,50

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Parede tijolo cerâmico 11	11,76	136,31	136,31	1,00	1603,01
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					1603,01

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Laje aligeirada 25cm	72,50	390,50	150,00	1,00	10875,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					10875,00

EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Pavimentos enterrados

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
-------------------------------	------------------------	----------------------------------	-----	---	---------

				TOTAL	0,00

Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
				TOTAL	0,00

EL3 - Elementos de compartimentação

Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Paredes divisórias tijolo 7cm	68,88	106,78	106,78	1,00	7355,01
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	7355,01

Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	0,00

It 359,92

Classe de inércia térmica Média

ANEXO III – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Folha de cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA					
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR					
PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U _{ref} W/m²·°C	U.A W/°C		
				correção quando o área de envidraçados excede 20% do área útil	0,00	-	-		
PDE1	9,40	0,47	4,42	PDE1	9,40	0,50	4,70		
PDE2	16,94	0,49	8,30	PDE2	16,94	0,50	8,47		
PTPDE1	1,35	0,70	0,95	PTPDE1	1,35	0,50	0,68		
PTPDE2	5,42	0,70	3,79	PTPDE2	5,42	0,50	2,71		
PTPDE3	1,26	0,79	1,00	PTPDE3	1,26	0,50	0,63		
	TOTAL		18,45		TOTAL		17,19		
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{isolamento} W/m²·°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{isolamento} W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
1 (VE1)	4,35	1,67	7,26	1 (VE1)	4,35	2,80	12,18		
2 (VE1)	2,90	1,67	4,84	2 (VE1)	2,90	2,80	8,12		
3 (VE1)	2,90	1,67	4,84	3 (VE1)	2,90	2,80	8,12		
	TOTAL		16,95		TOTAL		28,42		
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C	VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m·°C	ψ.B W/°C		
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	0,01	0,70	0,01	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	0,01	0,50	0,01		
Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,70	13,79	Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,50	9,85		
Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,50	2,80	Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,40	2,24		
Fachada com calvinária	34,30	0,30	10,29	Fachada com calvinária	34,30	0,20	6,86		
Zona da calva de estores	7,00	0,30	2,10	Zona da calva de estores	7,00	0,20	1,40		
	TOTAL		28,99		TOTAL		20,36		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext} = 64,39 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext} = 65,96 W/°C					
A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR					
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
PD12	15,81	0,58	0,40	3,67	PD12	15,81	0,80	0,40	5,08
PTPDI1	1,50	0,67	0,40	0,40	PTPDI1	1,50	0,80	0,40	0,48
PTPDI2	1,41	0,67	0,40	0,38	PTPDI2	1,41	0,80	0,40	0,45
VD11	2,00	1,90	0,40	1,52	VD11	2,00	0,80	0,40	0,64
	TOTAL			5,97		TOTAL			6,63
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
PD11	22,68	0,46	0,60	6,26	PD11	22,68	0,80	0,60	10,89
	TOTAL			6,26		TOTAL			10,89
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
	TOTAL			0,00		TOTAL			0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
CB11	72,50	0,38	1,00	27,55	CB11	72,50	0,40	1,00	29,00
	TOTAL			27,55		TOTAL			29,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
	TOTAL			0,00		TOTAL			0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m²·°C	d _{ni}	U.A.d _{ni} W/°C
	TOTAL			0,00		TOTAL			0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM d _{ni} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	d _{ni}	ψ.B.d _{ni} W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM d _{ni} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	d _{ni}	ψ.B.d _{ni} W/°C
Fachada com cobertura	15,50	0,70	1,00	10,85	Fachada com cobertura	15,50	0,50	1,00	7,75
	TOTAL			10,85		TOTAL			7,75
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int} = 50,63 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int} = 54,27 W/°C					
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					
PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 40)</i>	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 40)</i>	Área m²	U _{iso} W/m²·°C	A.U _{iso} W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 10) com ou sem isolamento</i>	Área m²	U _f W/m²·°C	A.U _f W/°C	PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 10) com ou sem isolamento</i>	Área m²	U _f W/m²·°C	A.U _f W/°C		
	TOTAL		0,00		TOTAL		0,00		
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO				A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 64,39 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 65,96 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} + H _{sol} = 50,63 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} + H _{sol} = 54,27 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _t = 115,02 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _t = 120,23 W/°C					
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO				A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 64,39 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 65,96 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} = 44,37 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} = 49,38 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C				Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _t = 108,78 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _t = 109,84 W/°C					

Folha de Cálculo B		TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
1 - Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$ 0,00 x Caudal médio diário insuflado $V_{in,i}$ 0 m³/h + $R_{th,i} \cdot A_u \cdot P_d$ 70,73 m³/h = factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{th,i}$ 1,00 x 0,34 x Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{th,i}$ 0,40 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_u 69,08 m² x Pé direito médio da fração P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{th,i}$ 24,05 W/°C		0,34 x Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{th,i REF}$ 0,40 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_u 69,08 m² x Pé direito médio da fração P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{th,i REF}$ 24,05 W/°C	
B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO			
1 - Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,e}$ 0 x Caudal médio diário insuflado $V_{in,e}$ 0 m³/h + $R_{th,e} \cdot A_u \cdot P_d$ 105,69 m³/h = factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{th,e}$ 1,00 x 0,34 x Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{th,e}$ 0,60 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_u 69,08 m² x Pé direito médio da fração P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{th,e}$ 35,94 W/°C			

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = \frac{0,72 \times 4}{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,21}{6,21} \text{ meses} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{69,08}{69,08} \text{ m}^2 \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,l} = 1235,08 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\bar{g}_i$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,i} = F_{h,i} \cdot F_{a,i} \cdot F_{l,i}$	Fracção Envidraçada F_k	Área efectiva colectora $A_{c,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_k \cdot \bar{g}_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{c,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,22	4,35	0,52	0,70	0,35	0,56	0,20
2 (VE1)	Oeste	0,22	2,90	0,52	0,70	0,23	0,56	0,13
3 (VE1)	Oeste	0,22	2,90	0,52	0,70	0,23	0,56	0,13
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Em nenhum caso o produto $\chi \cdot F_k \cdot F_{o,i} \cdot F_k$ deve ser menor que 0,27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,i} \cdot F_k$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

TOTAL

0,46

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\bar{g}_i \cdot \bar{g}_{i,ENU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,i} = F_{h,i} \cdot F_{a,i} \cdot F_{l,i}$	Fracção Envidraçada $F_k \cdot F_{k,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{c,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_k \cdot \bar{g}_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{c,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de $\bar{g}_{i,ENU}$ e $\bar{g}_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $\bar{g}_i$ será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $\bar{g}_{i,N}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

TOTAL

0,00

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul 0,46 m²

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{sol} = 130$ kWh/m².mês

Duração da estação de aquecimento $M = 6,21$ meses

Ganhos solares brutos $Q_{sol,l} = 368,76$ kWh/ano

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,l} = 1235,08$ kWh/ano

Ganhos solares brutos $Q_{sol,l} = 368,76$ kWh/ano

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,l} = 1603,84 \text{ kWh/ano}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sol} = 130 \text{ kWh/m}^2.\text{mês}$$

$$\times 0,146$$

$$\times 0,15$$

$$\text{Área útil de pavimento } A_p = 69,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M = 6,21 \text{ meses}$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,l} = 1220,93 \text{ kWh/ano}$$

$$\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,l} = 1235,08 \text{ kWh/ano}$$

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,l} = 2456,016161 \text{ kWh/ano}$$

Folha de Cálculo D													
GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO													
D.1 – GANHOS INTERNOS													
Ganhos Internos médios q_{int} 6 W/m^2 + Duração da estação de arrefecimento t_a 2160 horas + Área útil de pavimento A_p 99,08 m^2 + 1,000 = Ganhos Internos brutos $Q_{int,br}$ 809,08 W/h ou kWh/ano													
D.2 – GANHOS SOLARES													
VÍDEO IRRADIAÇÕES													
Designação do Envolvente	Orientação	Área A_e m^2	Tipo de Vidro	Fração Envolvente F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis ativos F_{PM}	PI Global Prot. Móveis e Perim. B	PI Global Prot. Perim. B_p	PI de Vidro $B_{g,vidro}$ $B_{g,vidro} = B \cdot F_g$	Área Efectiva $A_{e,eff} = A_e \cdot F_{ang} \cdot F_{PM}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U_g \cdot F_{ang} \cdot F_{PM}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano
1 (VR1)	Oeste	4,08	Duplo	0,70	0,85	0,80	0,22	0,22	0,22	0,87	0,80	480,00	205,44
2 (VR2)	Oeste	2,80	Duplo	0,70	0,85	0,80	0,22	0,22	0,22	0,48	0,80	480,00	134,40
3 (VR3)	Oeste	2,80	Duplo	0,70	0,85	0,80	0,22	0,22	0,22	0,48	0,80	480,00	134,40
TOTAL												474,24	
Designação do Envolvente	Orientação	Área A_e m^2	Tipo de Vidro	Fração Envolvente F_g	Factor Sel. angular F_{ang}	Fração Tempo Prot. Móveis ativos F_{PM}	PI de Vidro do vidro interior B_{int}	PI de Vidro do vidro do VRU B_{ext}	$B_{int} \cdot F_{ang} \cdot F_{PM}$	Área Efectiva $A_{e,eff} = A_e \cdot F_{ang} \cdot F_{PM}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U_g \cdot F_{ang} \cdot F_{PM}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano
Admite-se que os elementos opacos do VRU não causam sombreamento no interior, pelo que se considera que os ganhos solares são os mesmos a nível de radiação que os do VRU 1.												TOTAL	0,00
Dado o coeficiente do VRU não se aplica o diagrama de protecção solar proveniente a partir deste gráfico e figura 2.													
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PARETE EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A_{op} m^2	U $W/m^2 \cdot ^\circ C$	R_{se} $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	Área efectiva $A_{e,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U \cdot \alpha \cdot R_{se}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano				
FOR1	Oeste	0,50	9,63	0,47			0,08	1,00	480,00	46,31			
FOR2	Norte	0,50	16,86	0,48			0,17	1,00	220,00	38,32			
PTPFOR1	Oeste	0,50	1,816	0,70			0,08	1,00	480,00	9,28			
PTPFOR2	Oeste	0,50	9,632	0,70			0,08	1,00	480,00	37,28			
PTPFOR3	Oeste	0,50	1,218	0,76			0,02	1,00	480,00	9,75			
TOTAL										131,25			
COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A_{op} m^2	U $W/m^2 \cdot ^\circ C$	R_{se} $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	Área efectiva $A_{e,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U \cdot \alpha \cdot R_{se}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano				
	Horizontal	-	-	-	0,08	-	1,00	800,00	-				
TOTAL										0,00			
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A_{op} m^2	U $W/m^2 \cdot ^\circ C$	R_{se} $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	Área efectiva $A_{e,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U \cdot \alpha \cdot R_{se}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano				
CR1	Horizontal	0,40	12,80	0,85	0,06	0,41	1,00	800,00	324,80				
TOTAL										324,80			
VÍDEOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A_{op} m^2	U $W/m^2 \cdot ^\circ C$	R_{se} $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	Área efectiva $A_{e,eff} = U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m^2	Factor de Construção $U_{g,eff} = U \cdot \alpha \cdot R_{se}$	Intensidade de Radiação I_{rad} W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h	$I_{rad} \cdot A_{e,eff}$ W/h ou kWh/ano				
	-	-	-	-	0,08	-	-	-	0,00				
Ganhos solares brutos pelos elementos de envolvente envolvente 889,09 W/h ou kWh/ano													
+ Ganhos solares brutos pelos elementos de envolvente opaca 680,81 W/h ou kWh/ano													
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,br}$ 1569,90 W/h ou kWh/ano													
D.3 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS													
Ganhos Internos brutos $Q_{int,br}$ 809,08 W/h ou kWh/ano													
+ Ganhos solares brutos $Q_{sol,br}$ 1569,90 W/h ou kWh/ano													
Ganhos térmicos brutos $Q_{t,br}$ 2378,98 W/h ou kWh/ano													
D.4 – GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REPERFECÇÃO													
Ganhos Internos médios q_{int} 6 W/m^2													
+ Duração da estação de arrefecimento t_a 2160 horas													
+ 1,000													
Factor solar de verão de referência g_{ref} 0,67													
+ 0													
$A_{p,ref}/A_p$ 0,2													
+ 0													
Radiação solar média de referência $r_{sol,ref}$ 480 W/m^2 ou kWh/m^2 ou W/h													
30,00 W/m^2 ou kWh/ano													
+ 0													
Área útil de Pavimento A_p 99,08 m^2													
+ 0													
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{t,br,ref}$ 3070,52 W/h ou kWh/ano													

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_t 115,02 W/°C + Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,u}$ 24,05 W/°C = Coeficiente de transferência de calor H_u 139,06 W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,REF}$ 120,23 W/°C + Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,u,REF}$ 24,05 W/°C = Coeficiente de transferência de calor $H_{u,REF}$ 144,27 W/°C	
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD 1 256 °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_t 115,02 W/°C = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,u}$ 3 468,19 kWh/ano		0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD 1 256 °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,REF}$ 120,23 W/°C = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,u,REF}$ 3 625,27 kWh/ano	
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD 1 256 °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,u}$ 24,05 W/°C = Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,u}$ 725,12 kWh/ano		0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD 1 256 °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,u,REF}$ 24,05 W/°C = Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,u,REF}$ 725,12 kWh/ano	
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício Média Ganhos térmicos brutos $Q_{g,u}$ 1 603,84 kWh/ano + Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{t,u} + Q_{a,u}$ 4 193,30 kWh/ano = parâmetro γ_i 0,38 parâmetro α_i 2,60 W/°C Factor de utilização dos ganhos η_i 0,95 x Ganhos térmicos brutos $Q_{g,u}$ 1 603,84 kWh/ano = Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ 1 519,81 kWh/ano		Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$ 0,6 x Ganhos térmicos brutos $Q_{g,u,REF}$ 2 456,02 kWh/ano = Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$ 1 473,61 kWh/ano	
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,u}$ 3 468,19 kWh/ano + Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,u}$ 725,12 kWh/ano = Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ 1 519,81 kWh/ano (folha de cálculo 1.4) = Necessidades Anuais na estação de aquecimento 2 673,50 kWh/ano + Área útil de pavimento A_p 69,08 m² = Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_u 38,70 kWh/m².ano		Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,u,REF}$ 3 625,27 kWh/ano + Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{a,u,REF}$ 725,12 kWh/ano = Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i,REF}$ 1 473,61 kWh/ano = Necessidades Anuais na estação de aquecimento 2 876,78 kWh/ano + Área útil de pavimento A_p 69,08 m² = Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{u,REF}$ 41,64 kWh/m².ano	

ANEXO III – FRACÇÃO “H” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Folha de Cálculo F		LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_b	108,76	W/°C
+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	35,94	W/°C
=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	144,69	W/°C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_b	108,76	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
÷		
1000		
=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{b,v}$	1 305,61	kWh/ano
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	35,94	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
÷		
1000		
=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{a,v}$	431,40	kWh/ano
F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		
Inércia do edifício	Média	
Ganhos térmicos brutos $Q_{b,v}$	1959,20	kWh/ano
÷		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{b,v} + Q_{a,v}$	1737,01	kWh/ano
=		
parâmetro γ_v	1,13	
parâmetro α_v	2,60	W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,68	
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
$(1 - \eta_v)$	0,32	
x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{b,v}$	1959,20	kWh/ano
÷		
Área útil de pavimento A_p	69,08	m²
=		
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,15	kWh/m².ano
F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA		
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,83	
F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
$(1 - \eta_{v,ref})$	0,17	
x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{b,v,ref}$	3720,10	kWh/ano
÷		
Área útil de pavimento A_p	69,08	m²
=		
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,13	kWh/m².ano

Folha de Cálculo G									
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO					G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA				
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u [kWh/m².ano]	f_u	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv}	Necessidades de Energia Final $f_u \cdot \delta \cdot N_u / \eta_n \cdot F_{conv}$ [kWh/ano]	Necessidades de Energia Primária $f_u \cdot \delta \cdot N_u / \eta_n$ [kWh/m².ano]	
Sistema por defeito	Electricidade	1,00		1	0,3	2073,30	96,75		
TOTAL					TOTAL				
G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO					G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA				
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{ar} [kWh/m².ano]	f_{ar}	δ	Eficiência Nominal η_{ar}	Factor de Conversão F_{conv}	Necessidades de Energia Final $f_{ar} \cdot \delta \cdot N_{ar} / \eta_{ar} \cdot F_{conv}$ [kWh/ano]	Necessidades de Energia Primária $f_{ar} \cdot \delta \cdot N_{ar} / \eta_{ar}$ [kWh/m².ano]	
Sistema por defeito	Electricidade	1,00		3	0,25	235,65	7,62		
TOTAL					TOTAL				
G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR									
CONSUMO DE AÇÚCAR									
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AÇÚCAR consumo médio diário de referência M_{ref} 120 [kg] 40 4 ocupantes factor de eficiência térmica 1 [kg] sumo médio diário de referência M_{ACQ} 120 [kg] aumento de temperatura ΔT 25 °C nº de dias de consumo 365 dias 3600000 A_p 60,00 m² Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AÇÚCAR $Q_{A/C}$ 25,81 [kWh/m².ano]									
SISTEMA PARA AÇÚCAR	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{A/C}$ [kWh/m².ano]	f_a	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv}	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_{A/C} / \eta_n \cdot F_{conv}$ [kWh/ano]	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{A/C} / \eta_n$ [kWh/m².ano]	
Sistema 1	Electricidade	20,81	1,00	1	0,30	624,82	22,25		
Sistema por defeito	Electricidade	20,81	0,90		0,30	624,82	22,25		
TOTAL					TOTAL				
G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA									
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{ve} 0 [kWh/ano] Área útil de pavimento A_p 60,00 m² Factor de Conversão F_{conv} 0,3 [kWh/m².ano] Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação 0,00 [kWh/m².ano]									
G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL									
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{re} / N_p [kWh/m².ano]	F_{re}		Factor de Conversão F_{conv}	Energia primária E_{re} / F_{conv} [kWh/m².ano]			
Bombas de Calor	Renovável Térmica	16,95	1		16,95	16,95			
TOTAL					TOTAL				
G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
Energia primária para aquecimento 96,75 [kWh/m².ano] Energia primária para arrefecimento 7,62 [kWh/m².ano] Energia primária para a preparação de AÇÚCAR 22,25 [kWh/m².ano] Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica 0,00 [kWh/m².ano] Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável 16,95 [kWh/m².ano] Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p 135,63 [kWh/m².ano]									
G.9 - LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
Energia primária para aquecimento 136,12 [kWh/m².ano] Energia primária para arrefecimento 7,62 [kWh/m².ano] Energia primária para a preparação de AÇÚCAR 25,04 [kWh/m².ano] Límite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p 168,77 [kWh/m².ano]									

ANEXO IV – FRACÇÃO “I” (SOLUÇÃO PROPOSTA)

- CÁLCULO VENTILAÇÃO
- INÉRCIA TERMICA
- Folha A - TRANSFERÊNCIA
- Folha B - VENTILAÇÃO
- Folha C - GANHOS INVERNO
- Folha D - GANHOS VERÃO
- Folha E - AQUECIMENTO
- Folha F - ARREFECIMENTO
- Folha G –GLOBAL

ANEXO IV – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Existente
Concelho	Porto
Altitude (m)	98
Região	8
Rugosidade	I
Área útil (m²)	43,81
P _{te} direto (m)	2,55
Volume (m³)	162,72
T _{exterior} (°C)	9,90
Altitude ref. (m)	94,00
A _{ext} /A _u	15,0%

Nº de peças de fachada	1
Velocidade do vento, u(10) (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,5 m/s	
Nº fachadas expostas	1
Altura do edifício, H _{ed} (m)	16,5
Altura de fachada, H _{fa} (m)	16
Edifícios/obstáculos?	☐
Altura do obstáculo, H _{ob} (m)	
Distância ao obstáculo, D _{ob} (m)	
Proteção do edifício	Desprotegido
Zona de fachada	Média

ver esquema

Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido o valor n₅₀? ☐

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área útil (m²)	Classe de permeabilidade ao ar de janelas	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vãos 1	10,15	2	Não tem

Aberturas de admissão de ar na envolvente

Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas? ☒

Abertura	Tipo de abertura	Área livre (cm²) / Caudal (m³/h)	Designação
Abertura 1	Auto-regulável a 2 Pa	290,00	Greijas autoreguláveis a 2 Pa, instaladas na fachada
Abertura 2			

Conduites de ventilação natural, conduites com exaustores/ventos que não obtêm o escoamento de ar pela conduta

Existem conduites de ventilação natural? ☒

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventos?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de conduites semelhantes	Altura da conduta conhecida?	Altura da conduta (m)	Designação
Conduta V_N_1	Exaustão	Sim	Alta	Inclinada (10° a 30°)	1	Não	3,50	Exaustão de instalação sanitária
Conduta V_N_2								

Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventos)? ☐

Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos? ☐

RESULTADOS

RPH estimada condições normais (h⁻¹)	0,41
Rph (h⁻¹) - Aquecimento	0,41
b _{ov} (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,v (h⁻¹) - Arrefecimento	0,50
b _{ov,v} (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h⁻¹)	0,40
Rph REF (h⁻¹)	0,41
W _{em} (kWh/m²)	0,00

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

Ver esquema da Ventilação (Método simplificado)

Ventilação Natural

Insuflação (m³/h) 0,00

Extração (m³/h) 46,45

Temperatura exterior (°C) 9,90

Velocidade do vento (m/s) 3,60

Cp 0,65

Pressão dinâmica (Pa) 5,14

Pressão estática (Pa) 1,38

ΔP (Pa) -0,04

Caudal (m³/h) 20,64

Pressão estática (Pa) 1,80

ΔP (Pa) 0,39

Caudal (m³/h) 67,09

Pressão interior (Pa) 6,56

Caudal (m³/h) 67,09

RPH (h⁻¹) 0,41

n50 estimado 1,06

Diagrama de ventilação natural

124

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	9,40	136,31	136,31	1,00	1281,65
PDE2	13,16	136,31	136,31	1,00	1793,84
PTPPDE1	1,35	760,00	150,00	1,00	202,50
PTPPDE2	5,42	760,00	150,00	1,00	812,63
PTPPDE3	1,26	344,00	150,00	1,00	189,00
			0,00		
TOTAL					4279,62

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos da envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI2	18,50	15,00	15,00	1,00	277,50
PTPPDI1	1,50	15,00	15,00	1,00	22,50
PTPPDI2	2,64	15,00	15,00	1,00	39,60
VOI1	2,00	20,00	20,00	0,50	20,00
			0,00		
TOTAL					359,60

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,68	15,00	15,00	1,00	340,20
			0,00		

TOTAL	340,20
-------	--------

Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	66,60	15,00	15,00	1,00	999,00
			0,00		
TOTAL					999,00

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Parede tijolo cerâmico 15	11,76	176,51	150,00	1,00	1764,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					1764,00

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Laje aligeirada 25cm	66,60	390,50	150,00	1,00	9990,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					9990,00

EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Pavimentos enterrados

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
-------------------------------	------------------------	----------------------------------	-----	---	---------

				TOTAL	0,00

Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
				TOTAL	0,00

EL3 - Elementos de compartimentação

Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
Paredes divisórias tijolo 7cm	50,40	106,78	106,78	1,00	5381,71
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	5381,71

Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				TOTAL	0,00

It 362,23

Classe de inércia térmica Média

ANEXO IV – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Folha de cálculo A					TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA					
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR					A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR					
PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U _{ref} W/m²·°C	U.A W/°C		
PDE1	8,40	0,49	4,61		correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil	PDE1	8,40	0,50	4,70	
PDE2	13,16	0,49	6,45			PDE2	13,16	0,50	6,58	
PTFPDE1	1,35	0,73	0,99			PTFPDE1	1,35	0,50	0,68	
PTFPDE2	5,62	0,73	3,85			PTFPDE2	5,62	0,50	2,71	
PTFPDE3	1,26	0,44	0,55			PTFPDE3	1,26	0,50	0,63	
	TOTAL		16,55				TOTAL	15,30		
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR					PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR					
	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00				TOTAL	0,00		
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR					COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR					
	Área A m²	U _{isolante} W/m²·°C	U.A W/°C			Área A m²	U _{isolante} W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00				TOTAL	0,00		
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES					VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES					
	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
1 (VE1)	4,35	1,67	7,26		1 (VE1)	4,35	2,80	12,18		
2 (VE1)	2,90	1,67	4,84		2 (VE1)	2,90	2,80	8,12		
3 (VE1)	2,90	1,67	4,84		3 (VE1)	2,90	2,80	8,12		
	TOTAL		16,95				TOTAL	28,42		
VÃOS OPACOS EXTERIORES					VÃOS OPACOS EXTERIORES					
	Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U.A W/°C		
	TOTAL		0,00				TOTAL	0,00		
PONTES TÉRMICAS LINEARES					PONTES TÉRMICAS LINEARES					
	Comp. B m	Ψ W/m·°C	Ψ.B W/°C			Comp. B m	Ψ W/m·°C	Ψ.B W/°C		
Fachada com cobertura	0,01	0,70	0,01		Fachada com cobertura	0,01	0,50	0,01		
Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,70	13,79		Fachada com pavimento intermédio	19,70	0,50	9,85		
Duas paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,30	2,60		Duas paredes verticais em ângulo saliente	5,60	0,40	2,24		
Fachada com calilharia	34,30	0,30	10,29		Fachada com calilharia	34,30	0,20	6,86		
Zona da calva de estores	7,00	0,30	2,10		Zona da calva de estores	7,00	0,20	1,40		
	TOTAL		28,99				TOTAL	20,36		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext} = 62,49 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext} = 64,07 W/°C					
A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR					
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C		PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
PDI2	18,50	0,58	0,40	4,29		PDI2	18,50	0,80	0,40	5,92
PTFPDI1	1,50	0,67	0,40	0,40		PTFPDI1	1,50	0,80	0,40	0,48
PTFPDI2	2,64	0,67	0,40	0,71		PTFPDI2	2,64	0,80	0,40	0,84
VDI1	2,00	1,90	0,40	1,52		VDI1	2,00	0,80	0,40	0,64
	TOTAL		6,92				TOTAL	7,88		
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C		PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
PDI1	22,68	0,46	0,60	6,26		PDI1	22,68	0,80	0,60	10,89
	TOTAL		6,26				TOTAL	10,89		
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					
	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
	TOTAL		0,00							
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					
	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
CB1	66,60	0,38	1,00	25,31		CB1	66,60	0,40	1,00	26,64
	TOTAL		25,31				TOTAL	26,64		
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					
	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
	TOTAL		0,00							
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.					VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.					
	Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C			Área A m²	U W/m²·°C	U _{iv} W/°C	U.A.U _{iv} W/°C
	TOTAL		0,00							
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM U _{iv} > 0,7)					PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM U _{iv} > 0,7)					
	Comp. B m	Ψ W/m·°C	U _{iv} W/°C	Ψ.B.U _{iv} W/°C			Comp. B m	Ψ W/m·°C	U _{iv} W/°C	Ψ.B.U _{iv} W/°C
Fachada com cobertura	16,90	0,70	1,00	11,83		Fachada com cobertura	16,90	0,50	1,00	8,45
	TOTAL		11,83				TOTAL	8,45		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int} = 50,32 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int} = 53,88 W/°C					
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					
PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{iv} W/m²·°C	A.U _{iv} W/°C			PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{iv} W/m²·°C	A.U _{iv} W/°C	
	TOTAL		0,00				TOTAL		0,00	
PAVIMENTOS ENTERRADOS (Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 0,5))					PAVIMENTOS ENTERRADOS (Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 0,5))					
	Área m²	U _{iv} W/m²·°C	A.U _{iv} W/°C				Área m²	U _{iv} W/m²·°C	A.U _{iv} W/°C	
	TOTAL		0,00				TOTAL		0,00	
PAVIMENTOS TÊRREOS (Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 0,5) com ou sem isolamento)					PAVIMENTOS TÊRREOS (Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 0,5) com ou sem isolamento)					
	Área m²	U _i W/m²·°C	A.U _i W/°C				Área m²	U _i W/m²·°C	A.U _i W/°C	
	TOTAL		0,00				TOTAL		0,00	
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO					A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 62,49 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 64,07 W/°C					
+					+					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} + H _{sol} = 50,32 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} + H _{sol} = 53,88 W/°C					
+					+					
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
=					=					
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{trans} = 112,81 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{trans} = 117,93 W/°C					
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO					A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 62,49 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H _{ext} = 64,07 W/°C					
+					+					
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} = 44,06 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{int} = 42,87 W/°C					
+					+					
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H _{sol} = 0,00 W/°C					
=					=					
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{trans} = 106,55 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{trans} = 107,04 W/°C					

Folha de Cálculo B		TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
1 - Rendimento do sistema de recuperação de calor η_{RCJ} 0,00 x Caudal médio diário insuflado V_{ins} 0 m³/h + $R_{oh,i} \cdot A_o \cdot P_d$ 67,09 m³/h = factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{t,e,s}$ 1,00 x 0,34 Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$ 0,41 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_p 63,81 m² x Pé direito médio da fracção P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{v,i}$ 22,81 W/°C		0,34 Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i/REF}$ 0,41 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_p 63,81 m² x Pé direito médio da fracção P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{v,i/REF}$ 22,81 W/°C	
B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO			
1 - Rendimento do sistema de recuperação de calor η_{RCv} 0 x Caudal médio diário insuflado V_{ins} 0 m³/h + $R_{oh,v} \cdot A_o \cdot P_d$ 97,63 m³/h = factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{t,e,s}$ 1,00 x 0,34 Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$ 0,60 h⁻¹ x Área útil de pavimento A_p 63,81 m² x Pé direito médio da fracção P_d 2,55 m = Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{v,e,v}$ 33,19 W/°C			

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{int} &= 4 \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 6,21 \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 63,81 \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,U} &= 1140,86 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno δ_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,j} \cdot F_{a,j} \cdot F_{f,j}$	Fracção Envidraçada F_R	Área efectiva colectora $A_{e,j} = A_w \cdot F_{o,j} \cdot F_R \cdot \delta_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{e,j}$ m ²
1 (VE1)	Este	0,22	4,35	0,52	0,70	0,35	0,56	0,20
2 (VE1)	Este	0,22	2,90	0,52	0,70	0,23	0,56	0,13
3 (VE1)	Este	0,22	2,90	0,52	0,70	0,23	0,56	0,13
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Em nenhum caso o produto $\chi \cdot F_o \cdot F_R \cdot \delta_i$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_R$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.							TOTAL	0,46

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno δ_i $\delta_{i,UNU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_o = F_{b,j} \cdot F_{a,j} \cdot F_{f,j}$	Fracção Envidraçada F_R $F_{R,UNU}$	Área efectiva colectora $A_{e,j} = A_w \cdot F_{o,j} \cdot F_R \cdot \delta_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{e,j}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No cálculo de g_{int} e g_{UNU} não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{i,M,x}$ afectado do factor de seletividade angular $F_{w,j}$.							TOTAL	0,00

$$\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} = 0,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sol} = 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M = 6,21 \text{ meses}$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,U} = 368,76 \text{ kWh/ano}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,U} = 1140,86 \text{ kWh/ano}$$

$$+ \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,U} = 368,76 \text{ kWh/ano}$$

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,l} = 1509,62 \text{ kWh/ano}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{n,l} = 130 \text{ kWh/m}^2.\text{mês}$$

x

$$0,146$$

x

$$0,15$$

x

$$\text{Área útil de pavimento } A_p = 63,81 \text{ m}^2$$

x

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M = 6,21 \text{ meses}$$

=

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,l} = 1127,79 \text{ kWh/ano}$$

+

$$\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,l} = 1140,86 \text{ kWh/ano}$$

=

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,l} = 2268,650713 \text{ kWh/ano}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{int} W/m²

×

Duração da estação de arrefecimento t_e horas

×

Área útil de pavimento A_p m²

+

1000

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$ kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES

VÍDOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{se}	Fração Tempo Prot. Móveis actives F_{act}	FS Global Prot. Móveis e Pers. R_p	FS Global Prot. Pers. R_{fp}	FS de Vidro $g_{v,ext} \times (1 - R_{fp})$	Área Electiva $A_{e,v} \times A_{se} \times F_g$	Factor de Obstrução $F_{o,v} \times F_{se} \times F_g$	Intensidade de Radiação $I_{e,v}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,v} \times F_{se} \times A_e$ kWh/ano
1 (VIG)	Este	4,45	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,22	0,22	0,22	0,87	0,90	460,00	205,44
2 (VIG)	Este	2,90	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,22	0,22	0,22	0,45	0,90	460,00	194,95
3 (VIG)	Este	2,90	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,22	0,22	0,22	0,45	0,90	460,00	194,95
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													609,34

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{se}	Fração Tempo Prot. Móveis R_{pm}	FS de Vidro do vidro interior R_{vi}	FS de Vidro do vidro do ENV R_{ve}	Área Electiva $A_{e,v} \times A_{se} \times F_g \times R_{vi} \times R_{ve}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} \times F_{se} \times F_g$	Intensidade de Radiação $I_{e,v}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,v} \times F_{se} \times A_e$ kWh/ano	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL													0,00

Atende-se que os elementos opacos do ENV não causam acréscimo ao vdo interior, pelo que na avaliação de áreas envidraçadas o factor de obstrução dos vãos interiores $F_{o,i}$ é igual a 0.
 Caso o vdo exterior do ENV não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar $g_{v,ext}$ é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PARTE EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{se} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op} \times U \times A_{op} \times R_{se}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op} \times F_{se}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \times F_{se} \times A_e$ kWh/ano	
	PDE1	Este	0,50	9,40	0,49	-	0,09	1,00	460,00	45,15	
	PDE2	Norte	0,50	14,16	0,49	-	0,14	1,00	220,00	28,47	
	PEPDE1	Este	0,50	1,45	0,78	0,04	0,02	1,00	460,00	9,46	
	PEPDE2	Este	0,50	5,42	0,78	-	0,08	1,00	460,00	38,76	
	PEPDE3	Este	0,50	1,26	0,44	-	0,01	1,00	460,00	5,43	
TOTAL											127,47

COBERTURA EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{se} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op} \times U \times A_{op} \times R_{se}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \times F_{se} \times A_e$ kWh/ano	
-	Horizontal	-	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-	
TOTAL											0,00

COBERTURAS INTERIORES		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{se} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op} \times U \times A_{op} \times R_{se}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$ kWh/m ² .ano	$I_{e,op} \times F_{se} \times A_e$ kWh/ano	
	CRI	Horizontal	0,40	66,40	0,45	0,04	0,17	1,00	800,00	288,17	
TOTAL											288,17

VÍDOS OPACOS EXTERIORES		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op} m ²	U W/m ² .°C	R_{se} [m ² .°C]/W	Área electiva $A_{e,op} \times U \times A_{op} \times R_{se}$ m ²	Factor de Obstrução $F_{o,op} \times F_{se}$	Intensidade de Radiação $I_{e,op}$
-------------------------	--	------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------------	---	--	------------------------------------

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	112,81 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	117,93 W/°C
+		+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar H_{ra}	22,81 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ra,REF}$	22,81 W/°C
=		=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r}$	135,62 W/°C	Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r,REF}$	140,74 W/°C
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
	0,024		0,024
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias
x		x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	112,81 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	117,93 W/°C
=		=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	3 401,54 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$	3556,05 kWh/ano
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
	0,024		0,024
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 256 °C.dias
x		x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar H_{ra}	22,81 W/°C	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ra,REF}$	22,81 W/°C
=		=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ra}	687,79 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ra,REF}$	687,79 kWh/ano
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício	Média		
Ganhos térmicos brutos Q_{gb}	1509,62 kWh/ano		
+			
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr}+Q_{ra}$	4089,33 kWh/ano		
=			
parâmetro η_i	0,37		
parâmetro a_i	2,60 W/°C		
Factor de utilização dos ganhos η_i	0,95	Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6
x		x	
Ganhos térmicos brutos Q_{gb}	1509,62 kWh/ano	Ganhos térmicos brutos $Q_{gb,REF}$	2268,65 kWh/ano
=		=	
Ganhos totais úteis Q_{gu}	1436,21 kWh/ano	Ganhos totais úteis $Q_{gu,REF}$	1361,19 kWh/ano
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	3401,54 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$	3556,05 kWh/ano
+		+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ra}	687,79 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ra,REF}$	687,79 kWh/ano
=		=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento Q_{gu}	1436,21 kWh/ano	Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,REF}$	1 361,19 kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)		=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2653,11 kWh/ano	Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2882,65 kWh/ano
+		+	
Área útil de pavimento A_p	63,81 m²	Área útil de pavimento A_p	63,81 m²
=		=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_e	41,58 kWh/m².ano	Límite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_e	45,18 kWh/m².ano

ANEXO IV – FRACÇÃO “I” (SITUAÇÃO PROPOSTA)

Folha de Cálculo F		LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_t	106,55	W/°C
+		
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	33,19	W/°C
=		
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	139,74	W/°C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_t	106,55	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
÷		
1000		
=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{t,v}$	1 279,08	kWh/ano
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,v}$	33,19	W/°C
x		
$(\theta_{i,ref} - \theta_{e,ext})$	4	°C
x		
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
÷		
1000		
=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{a,v}$	398,49	kWh/ano
F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA
Inércia do edifício	Média	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	1862,41	kWh/ano
÷		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{t,v} + Q_{a,v}$	1677,57	kWh/ano
=		
parâmetro γ_v	1,11	
parâmetro α_v	2,60	W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,68	
		Factor de utilização dos ganhos η_r 0,83
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
$(1 - \eta_v)$	0,32	$(1 - \eta_{v,ref})$ 0,17
x		x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	1862,41	Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,ref}$ 3436,30
÷		÷
Área útil de pavimento A_v	63,81	Área útil de pavimento A_v 63,81
=		=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,24	Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v 9,13
	kWh/m².ano	kWh/m².ano

Folha de Cálculo G										LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA					
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA															
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO										G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA					
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,ac}$ kWh/m².ano	f_e	f_s	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_e, f_s, N_{u,ac}, F_{conv}, A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_e, f_s, N_{u,ac}, F_{conv}, \eta_n$ kWh _{hp} /m².ano		SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Límite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,ac}$ kWh/m².ano	f_e	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	2833,11	103,95		Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5
TOTAL									2833,11	103,95	TOTAL				
G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO										G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA					
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,ar}$ kWh/m².ano	f_e	f_s	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_e, f_s, N_{u,ar}, F_{conv}, A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_e, f_s, N_{u,ar}, F_{conv}, \eta_n$ kWh _{hp} /m².ano		SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Límite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,ar}$ kWh/m².ano	f_e	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	196,47	7,70		Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5
TOTAL									196,47	7,70	TOTAL				
G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS										G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA					
CONSUMO DE AQS										CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA					
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS										Necessidades anuais de energia útil para					
consumo médio diário de referência M_{aqs}										consumo médio diário de referência M_{aqs}					
40										40					
nº de ocupantes de cada fracção n										nº convencional de ocupantes de cada fracção n					
3										3					
factor de eficiência térmica										factor de eficiência térmica					
1										1					
ano médio diário de referência M_{aqs}										consumo médio diário de referência M_{aqs}					
120										120					
aumento de temperatura ΔT										aumento de temperatura ΔT					
35										35					
nº de dias de consumo										nº de dias de consumo					
365										365					
3600000										3600000					
Ap										Ap					
63,81										63,81					
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,AQS}$										Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,AQS}$					
27,94										27,94					
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{u,AQS}$ kWh/m².ano	f_e	f_s	Eficiência Nominal η_n	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_e, f_s, Q_{u,AQS}, F_{conv}, A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_e, f_s, Q_{u,AQS}, F_{conv}, \eta_n$ kWh _{hp} /m².ano		SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,AQS}$ kWh/m².ano	f_e	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{hp} /kWh
Sistema 1	Electricidade	27,94	1,00	1	2,90		614,82	24,09		Sistema 1	Electricidade	27,94	1,00	2,8	2,5
Sistema por defeito	Electricidade		0,95		0,95	2,5	0,00	0,00		Sistema por defeito	Electricidade		0,95	0,95	2,5
TOTAL									614,82	24,09	TOTAL				
G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA															
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm}															
0															
Área útil de pavimento A_v															
63,81															
Factor de Conversão F_{vm}															
2,5															
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação															
0,00															
G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL															
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m².ano	Factor de Conversão F_{ren} kWh _{hp} /kWh	Energia primária E_{ren}, F_{ren} kWh _{hp} /m².ano											
Bombas de Calor	Renovável Térmica	18,31	1	18,31											
TOTAL					18,31										
G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA										G.10 LÍMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA					
Energia primária para aquecimento										Energia primária para aquecimento					
103,95										103,95					
Energia primária para arrefecimento										Energia primária para arrefecimento					
7,70										7,83					
Energia primária para a preparação de AQS										Energia primária para a preparação de AQS					
24,09										24,85					
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica										Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica					
0,00										0,00					
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável										Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável					
18,31										18,31					
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p										Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p					
135,73										146,63					