



ESTRATÉGIA PARA ALCANÇAR O NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB) NA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

ANDRÉ FILIPE ARAÚJO ESTEVES

novembro de 2021

**ESTRATÉGIA PARA ALCANÇAR O NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB)
NA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**

ANDRÉ FILIPE ARAÚJO ESTEVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor José Manuel Sousa

OUTUBRO DE 2021

Eu, André Filipe Araújo Esteves, estudante nº 1150502, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “ESTRATÉGIA PARA ALCANÇAR O NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZE) NA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL ” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 22 de outubro de 2021

André Esteves

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Glossário.....	xxiii
Abreviaturas	xxvii
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da Arte.....	3
CAPÍTULO 3 Estudo de Caso.....	51
CAPÍTULO 4 Considerações Finais.....	83
CAPÍTULO 5 Referências Bibliográficas	87
CAPÍTULO 6 Anexos.....	91

RESUMO

A presente Dissertação tem em vista a aplicação do conceito NZEB, na reabilitação energética de um edifício residencial existente, ou seja, melhorar e reduzir as necessidades energéticas, tirando o maior proveito do meio ambiente em que o edifício se insere.

Um edifício NZEB (*nearly-zero energy building*) encontra-se definido na Diretiva 2010/31/U como edifício de balanço energético quase nulo - “é um edifício com um desempenho energético muito elevado”- e que as necessidades energéticas sejam suprimidas através das construções passivas e de fontes renováveis produzidas no local ou nas suas proximidades. Na legislação nacional define quais os valores regulamentares para ser considerado um edifício NZEB em Portugal.

Salienta-se que, o edifício em estudo, corresponde a um edifício já existente, que por si só já poderá apresentar vários constrangimentos a nível da tipologia do edifício ou das soluções construtivas adotadas, que poderão dificultar no processo de melhoramento.

Inicialmente fez-se uma abordagem ao edifício em estudo, através da análise das soluções construtivas, nos equipamentos utilizados para aquecimento das águas sanitárias e na caracterização e análise do meio ambiente onde se encontra inserido edifício, como também a respetiva verificação dos requisitos mínimos regulamentares.

Numa segunda fase, foram propostas soluções para o melhoramento e verificação dos requisitos mínimos regulamentares a nível térmico, com o respetivo dimensionamento dos painéis solares térmicos e fotovoltaicos, para incorporar ao edifício esta energia renovável.

Por fim, fez-se uma comparação, com o auxílio da ferramenta de cálculo do ITECONS, na qual se quantificou o melhoramento que o edifício teve, através da análise da classificação energética, na eventualidade da aplicação de todas as soluções propostas ou parte delas.

Com valores obtidos, conclui-se, com a aplicação de todas as soluções propostas, obteríamos, em relação a classificação energética atual, um melhoramento de dois patamares, de acordo com tabela de classificação energética.

Palavras-chave:

NZEB, Renováveis, ITECONS, REH, Energia, Otimização energética, Meio Ambiente.

ABSTRACT

This dissertation aims to apply the NZEB concept in the energy rehabilitation of an existing residential building, that is, to improve and reduce energy needs, taking full advantage of the environment in which the building is located.

An NZEB (nearly-zero energy building) building is defined in Directive 2010/31/U as a building with almost zero energy balance - "it is a building with a very high energy performance" - and that energy needs are met through passive constructions and renewable sources produced on site or in its vicinity. The national legislation defines the regulatory values to be considered an NZEB building in Portugal.

It should be noted that the building under study corresponds to an existing building, which in itself may already present various constraints in terms of the building typology or the constructive solutions adopted, which could hinder the improvement process.

Initially, an approach was made to the building under study, through the analysis of constructive solutions, the equipment used for heating sanitary water and the characterization and analysis of the environment where the building is located, as well as the respective verification of the minimum regulatory requirements.

In a second phase, solutions were proposed for the improvement and verification of the minimum regulatory requirements at the thermal level, with the respective dimensioning of the thermal and photovoltaic solar panels, in order to incorporate this renewable energy into the building.

Finally, a comparison was made, with the help of the ITECONS calculation tool, in which the improvement that the building had was quantified, through the analysis of the energy classification, in the event of the application of all or part of the proposed solutions.

With values obtained, it is concluded, with the application of all the proposed solutions, we would obtain, in relation to the current energy classification, an improvement of two levels, according to the energy classification table.

Keywords: NZEB, Renewables, ITECONS, REH, Energy, Energy optimization, environment.

AGRADECIMENTOS

Ao longo dos últimos meses, nos quais decorreu a elaboração da presente dissertação, bem como dos últimos dois anos como estudante do Mestrado em Engenharia Civil, especialização em Construções, várias foram as pessoas que deixaram a sua marca, de uma forma ou de outra, nesse meu percurso, pelo que não posso deixar de lhes agradecer.

Ao meu orientador, Eng.º José Manuel Sousa, por toda a ajuda dispensada, desde o apoio ao nível do foco e caminho que deveria seguir, como à orientação ao longo de todo o projeto e relatório.

À minha família, em especial aos meus pais e irmãos, agradeço por todo o apoio, carinho e paciência constante, ao longo de toda a minha vida, dedicando-lhes todo o meu trabalho e atribuindo-lhes a responsabilidade por todos os meus sucessos e vitórias até então.

À minha namorada, Patrícia Neves, por toda a força, amor e energia transmitida ao longo de todos estes anos, bem como a paciência, aquando do aparecimento das minhas inseguranças, acreditando sempre que era capaz de alcançar os meus objetivos e perseguir os meus sonhos.

Aos meus colegas, principalmente aos que me acompanharam durante o Mestrado, que, sem dúvida, deixaram marca na minha vida, agradeço pelos fantásticos trabalhos de grupo, pelas conversas, pela amizade, por toda a dinâmica de trabalho e de partilha, bem como pela entreatajuda e companheirismo que me concederam, até ao nosso último dia como estudantes.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Enquadramento do tema.....	1
1.2	Objetivo da dissertação	2
1.3	Organização da dissertação	2
2.1	Generalidades	3
2.2	Diretivas Europeias	3
2.2.1	Diretiva 2002/91/CE	3
2.2.2	Diretiva 2010/31/EU.....	5
2.2.3	Diretiva 2012/27/EU.....	7
2.2.4	Diretiva (UE) 2018/844	7
2.3	Legislação Portuguesa.....	8
2.3.1	Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro – RCCTE.....	9
2.3.2	Decreto-Lei 118/98 de 7 de maio – RSECE	9
2.3.3	Decreto-Lei 78/2006, de 4 de abril – SCE	9
2.3.4	Decreto-Lei 79/2006, de 4 de abril – RCCTE.....	9
2.3.5	Decreto-Lei 80/2006, 4 de abril.....	10
2.3.6	Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto	10
2.3.7	Portaria nº98/2019, de 2 de abril.....	10
2.3.8	Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro	11
2.3.9	Portaria n.º 138-I/2021.....	11
2.4	Quantificação e distribuição de energia	11
2.4.1	Distribuição dos consumos de energia por setor em Portugal	11
2.4.2	Consumos de Energia para Climatização.....	12

2.5	Requisitos Regulamentares Edifício de habitação	13
2.5.1	Categoria de Requisitos	13
2.5.2	Requisitos de qualidade térmica da envolvente	14
2.6	Conceito NZEB.....	20
2.7	Medidas a adotar para alcançar um NZEB.....	29
2.7.1	Estratégias construtivas.....	30
2.7.2	Estratégias (Sistema passivo).....	40
2.7.3	Caraterização de tecnologias de produção de energia	47
2.8	Classe energética	50
3.1	Objeto de Estudo – Caraterização do existente.....	51
3.1.1	Zona Climática	53
3.1.2	Caraterização da envolvente	55
3.1.3	Análise comparativa dos requisitos mínimos de qualidade das envolventes	57
3.1.4	Determinação da classe energética.....	67
3.2	Apresentação de medidas a Implementar.....	68
3.2.1	Soluções para análise comparativa dos requisitos mínimos de qualidade das envolventes.....	69
3.2.2	Soluções energéticas	78
3.2.3	Determinação da nova classe energética.....	80
4.1	Conclusões	83
4.2	Desenvolvimentos futuros.....	85
	Anexo I – Cálculo da Ventilação.....	92
	Anexo II– Relatório Energético da Fração Base	96
	Anexo III– Coletores solares AQS.....	137
	Anexo IV– Painéis Fotovoltaicos	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos da EPBD [5].....	6
Figura 2 – Cronologia da Legislação Nacional de Energia em edifícios.....	8
Figura 3 - Consumo total de energia final por cada setor atividade [15].....	12
Figura 4 - Consumo total de energia final (comparação) [15]	12
Figura 5 - Distribuição do consumo de energia, no setor doméstico em Portugal (2010) [3]	13
Figura 6 - Verificação dos requisitos ao nível do fator solar [16].....	17
Figura 7 - Balanço energético para um <i>Zero Energy Building</i> [18].....	20
Figura 8 – Representação gráfica dos três tipos de balanço [18]	25
Figura 9 - Representação grafica do conceito Net ZEB [20]	26
Figura 10 – Estratégias para o melhoramento da eficiência energética de edifícios [21]	27
Figura 11 - Exemplos de fontes renováveis [21]	27
Figura 12 - Gráfico de referência da relação entre custo e eficiência que estabelece os níveis ótimos [21]	29
Figura 13 - Fatores fundamentais para alcançar NZEB [19].....	30
Figura 14 – Trajetória aparenta do Sol ao longo do ano para o Hemisfério Norte [28]	30
Figura 15 - Radiação solar em cada orientação do edifício [19]	31
Figura 16 - Perdas gerais de calor de uma habitação [22]	32
Figura 17 - Coeficiente de transmissão térmica de elementos opacos [25]	34
Figura 18 – Perfil térmico de uma parede [19]	35
Figura 19 - Exemplos de variações térmicas em cada secção da cobertura	35
Figura 20 – Pavimento em contato com solo [26]	36
Figura 21 – Perfil térmico de um envidraçado [22].....	37

Figura 22 - Sistema <i>Smart Light</i> [27]	38
Figura 23 - Sistema passivos de aquecimento por ganho direto [30]	41
Figura 24 - Sistema passivos de aquecimento por ganho indireto [30]	41
Figura 25 - Sistema passivos de aquecimento por ganho isolado [30]	42
Figura 26 - Cobertura de água [30].....	43
Figura 27 - Diferentes tipos de transmissão de calor numa parede de trombe [28]	43
Figura 28 - Funcionamento esquemático de um estufa anexa [28].....	44
Figura 29 - Tipos de disposição das estufas anexas [30]	44
Figura 30 - Esquema da incidência solar protegida pela pala horizontal [19].....	45
Figura 31 - Sombreamento recorrendo a elementos naturais [19]	45
Figura 32 - Exemplos de espaços de transição [31].....	46
Figura 33 - Corte esquemático de arrefecimento por evaporação de água Caracterização de tecnologias de produção de energia [19]	47
Figura 34 - Sistema termossifão [32].....	48
Figura 35 - Sistema circulação forçada [32].....	48
Figura 36 - Painéis fotovoltaicos [33]	49
Figura 37 - Classificação energética [34]	50
Figura 38 – Edifício de Estudo	51
Figura 39 - Localização do edifício em Vila Nova de Gaia	52
Figura 40 - Fração de referencia (Alçado Lateral e Alçado Principal - Sul).....	52
Figura 41 - Planta do edifício (Identificação da fração de referência)	53
Figura 42 - Marcação de pavimento e coberturas, respetivamente [24].....	56
Figura 43 - Planta com a marcação das envolventes	57
Figura 44 - Envidraçado do edificio em estudo	64
Figura 45 - Termoacumulador elétrico (Esquerda) e Esquentador (Direita) [35], [36]	67
Figura 46 - Classificação energética da fração base. [34].....	68
Figura 47 - Envidraçado com vidro duplo com caixilharia em alumínio (Esquerda) e com caixilharia em PVC (Direita) [37], [38]	76

Figura 48 - Envidraçado com janelas duplas com caixilharia em alumínio[39].....	76
Figura 49 - Imagens ilustrativas da aplicação de isolamento na caixa de estores [40], [41]	77
Figura 50 - Sistema elucidativo do sistema circulação forçada [42]	78
Figura 51 - Aplicação de painéis fotovoltaicos [43].....	80
Figura 52 - Classificação energética da fração base com algumas melhorias sugeridas (1). [34].....	81
Figura 53 - Classificação energética da fração base com algumas melhorias sugeridas (2). [34].....	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos e âmbitos de aplicação [16]	14
Tabela 2 - Critérios para a determinação da zona climática no Verão [17]	15
Tabela 3 - Critérios para a determinação da zona climática no Inverno [17]	15
Tabela 4 - Requisitos da envolvente opaca em Portugal continental [14].....	16
Tabela 5 - Requisitos dos envidraçados [14]	16
Tabela 6 - Valores de fator solar (máximos admissíveis) [14].....	18
Tabela 7 - Valores mínimos da taxa de renovação horaria nos edifícios de habitação. [14]	18
Tabela 8 - Número de pessoas equivalente por tipologia e perfil de carga equivalente, para edifícios de habitação [14]	19
Tabela 9 - Consumo diário de AQS para edifícios de habitação, conforme previsto na Norma EN 12831-3. [14]	19
Tabela 10 – Vantagens e Desvantagens do <i>Net Zero Site Energy</i> [18].....	22
Tabela 11 – Vantagens e Desvantagens do <i>Net Zero Source Energy</i> [18]	23
Tabela 12 – Vantagens e Desvantagens do <i>Net Zero Energy Costs</i> [18]	23
Tabela 13 – Vantagens e Desvantagens do <i>Net Zero Energy Emissions</i> [18]	24
Tabela 14 - Isolamentos térmicos correntes [23]	33
Tabela 15 - Soluções recomendadas para os NZEB [19].....	39
Tabela 16 - Classificação dos sistemas de climatização do edifício em função dos tipos de aproveitamento energético [28].....	40
Tabela 17 – Vantagens e Desvantagens dos dois Sistemas de Circulação [32].....	49
Tabela 18 - Valores de referência e declive para ajustes em altitude para a estação de aquecimento [17]	54
Tabela 19 - Critérios de definição da zona climática de inverno [17]	54

Tabela 20 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento [17]	55
Tabela 21 - Critérios de definição da zona climática de verão [17].....	55
Tabela 22 - Cores para marcação da envolvente	56
Tabela 23 – Obtenção do btr dos espaços não uteis.....	56
Tabela 24 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior	57
Tabela 25 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior (Marquise)	59
Tabela 26 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Ascendente)	60
Tabela 27 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Descendente)	60
Tabela 28 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Caixa de escadas/elevador)....	62
Tabela 29 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Pavimento/Teto) (Ascendente)	63
Tabela 30 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Pavimento/Teto) (Descendente)	63
Tabela 31 - Relação entre as áreas de envidraçados e áreas de pavimento.....	65
Tabela 32 - Determinação dos ângulos formados por palas horizontais e verticais.....	65
Tabela 33 – Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento	66
Tabela 34 - Verificação do fator solar global dos vãos de envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos	66
Tabela 35 - Indicadores energéticos.....	68
Tabela 36 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior.....	69
Tabela 37 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior (Marquise)	70
Tabela 38 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Ascendente)	71
Tabela 39 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Descendente)	72
Tabela 40 - Valores comparativos entre coeficiente de transmissão térmica de diferentes tipo de isolamentos	73
Tabela 41 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede divisória para marquise	74

Tabela 42 - Melhoramento do coeficiente de transmissão térmica da parede vão de escadas / caixa de elevador	75
Tabela 43 – Indicadores energéticos relativos ao melhoramento térmico na envolvente exterior e na aplicação dos painéis solares	81
Tabela 44 – Indicadores energéticos considerando todos os melhoramentos considerados	82

GLOSSÁRIO

A_i - Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil [m²];

A_p - Área interior útil de pavimento [m²];

A_u - Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior [m²];

A_{env} - Área dos vãos envidraçados [m²];

A_{pav} - Área de pavimento [m²];

btr – coeficiente de redução térmica;

$E_{S,i}$ - Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo S [kWh/ano];

$E_{T,i}$ – Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo T [kWh/ano];

$E_{ren,i}$ - Produção de energia por fonte do tipo i, a partir de fontes de origem renovável para consumo [kWh/ano];

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado;

F_g - Fração envidraçada;

F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais

F_s – Fator de obstrução dos vãos envidraçados

G_{sul} – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul, por unidade de superfície [kWh/m².mês]

g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativos;

g_{Tmax} – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;

IEE – Índice de eficiência energética [kWh_{EP}m².ano];

I_T – Inércia térmica;

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

GLOSSÁRIO

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2];

n/a – Não Aplicável

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$];

N_t – Valor limite regulamentar para necessidades nominais globais de energia primária [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

N_{tc} - Necessidades nominais globais de energia primária [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

N_{vc} - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

P – Potencia [kW]

P_{ref} – Potencia de referência [kW]

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

r – Fator de redução da massa superfície útil;

R_f - Resistência térmica de elementos em contacto com o solo [$\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$];

R_j - Resistência térmica da camada j [$\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$];

R_{ph} – Valor de renovação por hora do ar interior [h^{-1}]

R_{se} - Resistência térmica exterior [$\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$];

R_{si} - Resistência térmica interior [$\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$];

S_i - Área da superfície interior do elemento i [m^2];

U - Coeficiente de transmissão térmica superficial [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$];

U_{bf} - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o solo [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$];

U_{ref} - Coeficiente de transmissão térmica superficial de referência [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$];

U_{bw} - Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$];

U_{wdn} – Coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$];

V_{ENU} – Volume do espaço não útil [m^3];

Z – Altura [m]

α – Ângulo formado entre o vão envidraçado e as palas horizontais [$^\circ$];

αh - Ângulo devido à obstrução do horizonte por parte de edifícios vizinhos [$^\circ$];

β - Ângulo formado por palas verticais [$^\circ$];

Ψ - Coeficientes de transmissão térmica lineares [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$];

θ_{ext} - Temperatura ambiente exterior [$^\circ\text{C}$];

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS [$^\circ\text{C}$];

Exergia - Trabalho máximo que pode ser obtido através do processo mais adequado de um sistema que se encontre em um estado inicial até que atinja o estado final, caracterizado pelo equilíbrio termodinâmico com o ambiente.

ABREVIATURAS

GEE - Gases de efeito estufa

NZEB – Near Zero Energy Building

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço

REH – Regulamento dos Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

UE – União Europeia

UPAC - Unidade de Produção para Autoconsumo

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

Nas últimas décadas tem-se verificado um aumento do volume de trabalho no setor da construção civil, originando uma elevada necessidade de consumo de energia. De acordo, com o Parlamento Europeu de 23 de abril de 2009, cerca de 40% do consumo de energia total da União Europeia provém do parque edificado. Perante isto, a alteração/otimização dos métodos de construção e ou de reabilitação deverá ser o primeiro campo onde intervir. [1]

Em Portugal, nos últimos anos, a reabilitação tornou-se uma realidade que tem ganho mais força, em contraste com os anos oitenta e noventa, em que o forte era a construção de raiz. O edifício abordado na presente dissertação foi construído nos anos 80 e apresenta já alguns sinais de necessidade de ser reabilitado, tais como, fissuras na fachada e paredes interiores, mau isolamento térmico, infiltrações pelos envidraçados e pela fachada, entre outros.

É de realçar que, não basta reabilitar, é necessário garantir sustentabilidade nas atuais e futuras reabilitações, bem como, de controlar e monitorizar o balanço energético a partir da adaptação de processos construtivos, equipamentos e de materiais mais sustentáveis, para que possamos aproximar o edifício em estudo, num edifício NZEB.

Salientamos que, o parque edificado português, na generalidade, apresenta uma qualidade de habitação e capacidade financeira muito baixa, em relação aos países nórdicos, como a Suécia e Finlândia, o que leva a que Portugal esteja situado em 4º lugar entre os países com a pior classificação, estando só acima dos países como Eslovénia, a Hungria e a Bulgária, relativamente ao índice de “pobreza energética”. [2]

Pelos dados fornecidos pela ADENE, cerca de 550 mil certificados energéticos emitidos, permitem concluir que 75% das habitações em Portugal são ineficientes do ponto vista energético, ou seja, tendo classificações C ou inferior. [2]

1.2 OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

O principal objetivo do presente relatório passa por tentar alcançar a classificação de um *Nearly Zero Energy Building* num edifício residencial existente. Numa primeira fase, o edifício em estudo, será analisado ao nível das soluções construtivas, sistema construtivo e o seu desempenho energético. Na segunda fase, após análise do edifício, serão abordadas soluções construtivas que permitam o melhoramento a nível energético do edifício, tornando-o o mais eficiente possível.

De salientar que, na presente dissertação será estudado um edifício já existente, que apresenta algumas debilidades ao nível térmico, tendo em atenção que alguns pontos não serão possíveis de alterar, mas que irão ser adotadas medidas e soluções para que edifício, em estudo, se torne o mais eficiente possível a nível energético, dentro das limitações apresentadas.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação intitulada “Estratégias para alcançar o *Nearly Zero Energy Building (NZEB)* na reabilitação energética de um edifício Residencial”, encontra-se dividida em quatro grandes capítulos:

1. Introdução - Capítulo onde será apresentada a contextualização do trabalho a desenvolver, bem como os objetivos a que se propõe. Será, também, brevemente introduzida a metodologia adotada, bem como descrita a estrutura do documento de base à dissertação.
2. Estado da arte - Capítulo onde será realizado o enquadramento teórico, nomeadamente no que diz respeito ao enquadramento legal.
3. Estudo de Caso - Capítulo onde será apresentado todo o trabalho desenvolvido, nomeadamente a aplicação da legislação e das várias etapas de transformação do edifício em estudo num *Nearly Zero Energy Building*.
4. Considerações Finais - Capítulo onde serão apresentadas as principais conclusões retiradas dos resultados obtidos, bem como a apresentação das limitações e obstáculos encontrados e, ainda sugestões de trabalho futuro.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 GENERALIDADES

Face às alterações climáticas que estamos a sentir no mundo atual, cada vez mais a preocupação pelo meio ambiente tem aumentado nos últimos anos, sobre qual os governos tentam procurar medidas para implementar e travar o agravamento. O aquecimento global tem crescido exponencialmente, devido aos consumos de energia que se tem observado e das emissões de gases com efeito de estufa, levando a União Europeia a elaborar medidas comunitárias. Essas medidas, definem metas, cada vez mais rígidas, de modo a cumprir com os objetivos de descarbonização. A eficiência energética, tem um papel muito importante, uma vez que o parque imobiliário assume uma grande percentagem da energia consumida.[3]

As preocupações e as medidas aplicadas, relativamente à matéria de clima e energia da União Europeia conduzem ao cumprimento de outros requisitos a nível de desempenho térmico nos edifícios, nomeadamente no conforto e saúde da população.[3]

O cumprimento dos objetivos, não obstante de análise exaustiva a nível de viabilidade económica, aos métodos a ser aplicados. [3]

2.2 DIRETIVAS EUROPEIAS

2.2.1 Diretiva 2002/91/CE

A 16 de dezembro de 2002, foi aprovado pelo Parlamento Europeu e Conselho, a Diretiva 2002/91/CE, relativo ao desempenho energético dos edifícios. A respetiva diretiva tinha como principal objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na Comunidade, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. [4]

Aquela diretiva tinha como principal ênfase:

CAPÍTULO 2

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios novos;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais 15 anos; [4]

Ficou estabelecido que os requisitos podem não ser aplicados desde que se verifiquem as seguintes condições:

- Edifício e monumentos oficialmente protegidos como parte de determinado ambiente ou devido ao seu valor arquitetónico ou histórico especial, quando o cumprimento dos requisitos altere de forma inaceitável o seu caráter ou aspeto;
- Edifícios utilizados como locais de culto ou para atividades religiosas;
- Edifícios temporários, com um período previsto de utilização máximo de dois anos, instalação industriais, oficinas e edifícios agrícolas não residenciais com necessidade reduzida de energia e edifícios agrícolas não residências utilizadas por um setor abrangidos por um acordo sectorial nacional sobre desempenho energético;
- Edifícios residenciais destinados a serem utilizados durante menos de quatro meses por ano;
- Edifícios autónomos com área útil total inferior a 50 m². [4]

Relativamente aos edifícios existentes, é apenas de caráter obrigatório o cumprimento dos requisitos estabelecidos aquando da realização de obras de renovação acima de uma dada dimensão, que foi definida como sendo superior a 1000 m² de área útil total. Verificando que o custo total da renovação relacionada com a envolvente do edifícios e/ou instalação de energia, como aquecimento, fornecimento de água quente, ar condicionado, ventilação e iluminação é superior a 25% do valor do edifício, excluindo o valor do terreno em que este está situado, ou em que é renovado mais de 25% da envolvente do edifício. No entanto, os requisitos impostos não deverão introduzir quaisquer incompatibilidades com a função pretendida e deverá ser possível recuperar os custos inerentes a essa renovação, dentro de prazo razoável em relação à vida técnica esperada do investimento com as correspondentes economias de energia. Face aos edifícios novos com uma área útil total superior a 1000 m², deve ser estudada e tomada em

consideração, na fase de projeto, a utilização de soluções alternativas com viabilidade técnica-económica.[3]

A presente diretiva encarrega cada Estado-Membro de assegurar a certificação, na qual devem constar os valores de referência para que os consumidores possam fazer comparações dos edifícios escolhidos, como possíveis medidas de melhoramento do desempenho energético sob condições de rentabilidade económica. O respetivo certificado deverá ser fornecido aquando da construção, da venda ou do arrendamento de um edifício, tendo uma validade legal não superior a 10 anos.[3]

Para que a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, das emissões de CO₂, seja assegurada, os Estado-Membros devem estabelecer medidas necessárias para a inspeção regular das caldeiras alimentadas por combustíveis não renováveis com uma potencial nominal útil superior a 20 kW e a todo o sistema de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos. Relativamente aos sistemas de ar condicionado, devem ser estabelecidas medidas de inspeção para sistemas com potencial nominal superior a 12kW. [3]

Fica a cargo de cada Estado-Membro, assegurar o cumprimento dos requisitos a nível da certificação energética e as propostas de melhoria que apresenta, como as inspeções das caldeiras e sistemas de ar condicionado, que sejam efetuadas por peritos qualificados e/ou acreditados. [3]

2.2.2 Diretiva 2010/31/EU

A 19 de maio de 2010 foi publicada a Diretiva 2010/31/UE, surgindo como necessidade de reformular a Diretiva 2002/91/CE, de 16 de dezembro, no sentido de simplificar, clarificar e reforçar determinadas disposições, tendo como objetivo o aproveitamento do potencial de redução do custo operacional dos edifícios e o aumento da eficiência energética. [5]

A respetiva diretiva visou, ainda, atingir uma redução das emissões de gases de efeito estufa na ordem dos 20% em relação aos valores registados no ano de 1990 (ou 30% se houver um compromisso internacional). Assim, a União Europeia estabeleceu o compromisso de substituir, gradualmente, o uso de combustíveis fósseis por energias de fontes renováveis e o uso de equipamentos com melhor eficiência energética, em especial nos edifícios. [5]

A presente diretiva também surge com objetivos associados ao edificado relacionados com o conceito NZEB, como é visível na Figura 1.[5]

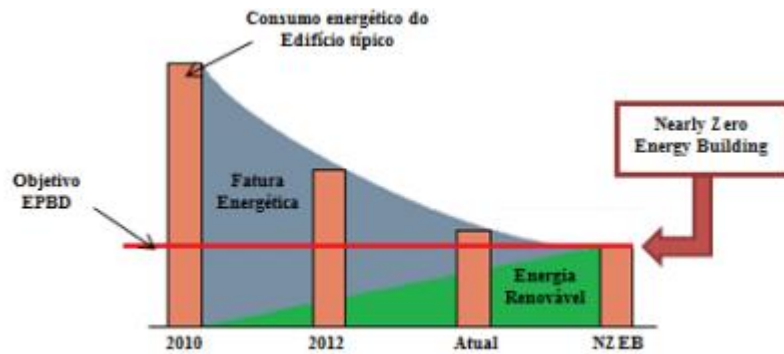


Figura 1 – Objetivos da EPBD [5]

Para atingir as metas estabelecidas foram criadas um conjunto de medidas na mesma diretiva: [5]

- Os novos edifícios, contruídos na UE, terão, a partir de 2020, de ter necessidades energéticas quase nulas;
- A partir de 2018, os novos edifícios ocupados por entidades publicas ou que pertencem a estas terão de ter necessidades energéticas quase nulas;
- Relativamente às renovações ou reabilitações serão apresentados requisitos mínimos para os seus componentes;
- Nos edifícios NZEB as quantidades quase nulas de energia necessária deverão ser conseguidas na sua totalidade ou quase na sua totalidade por energias renováveis, produzida no local ou nas proximidades deste;
- Passará a existir requisitos mínimos aos sistemas técnicos, a apresentação da classe energética na publicidade ao edifício, bem como a afixação do certificado energético nos edifícios públicos, a partir 2012, para edifícios com área superior a 500 m² e, a partir de 2015, para edifícios com área superior a 250 m². [5]

Posteriormente, as prioridades energéticas foram revistas e foram estabelecidas novas metas para 2030 e 2050. Sendo que, para 2030 estabeleceram: [5]

- Pelo menos 40% de reduções nas emissões de GEE, em relação aos valores de 1990;
- Pelo menos 27% de renováveis do total de energia consumida;
- Aumento de eficiência energética em pelo menos 27%, a ser revista em 2020;
- 15% de interconexão elétrica entre os países Membros, e em relação à capacidade total de produção elétrica instalada. [5]

2.2.3 Diretiva 2012/27/EU

A 25 de Outubro de 2012, foi aprovada, pelo Parlamento Europeu e Conselho, a Diretiva 2012/27/EU (2012) relativa à eficiência energética, alterando as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/EU e revogando as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. Esta diretiva estabeleceu um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União Europeia, a fim de assegurar a realização do objetivo da UE, que consiste em atingir 20% em matéria de eficiência energética até 2020 e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio, para além dessa data. O lançamento desta nova diretiva estabelece ainda regras destinadas a eliminar os obstáculos no mercado da energia e a ultrapassar as deficiências do mercado que impedem a eficiência no aprovisionamento e na utilização da energia, e prevê o estabelecimento de objetivos nacionais indicativos em matéria de eficiência energética para 2020. A transposição desta diretiva para ordem jurídica interna foi efetuada pelo Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, que estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração. [5]

2.2.4 Diretiva (UE) 2018/844

A Diretiva (EU) 2018/844 (EPBD), foi aprovada a 30 de maio de 2018 e aborda o tema do desempenho energético dos edifícios, provocando alterações nas Diretivas 2010/31/UE e 2012/27/EU e que deve ser transportada à legislação nacional dos Estados-Membros até 10 de março de 2020. Após um reexame, o Conselho Europeu conclui que são necessárias alterações que reforcem as disposições impostas pela Diretiva 2010/31/UE.[3]

Com vista a aumentar a descarbonização do parque imobiliário e independência energética da UE foram estabelecidas novas metas comunitárias a curto prazo (2030), a medio (2040) e a longo (2050). Os principais objetivos são redução, em pelo menos, 40% na emissão dos gases com efeito de estufa até 2030 e entre 80% e 95% até 2050, em comparação com os valores apresentados em 1990:[3]

- Aumentar a implementação de soluções “verdes” baseadas na natureza (coberturas verdes);
- Aplicação das medidas de melhoria, tanto na envolvente, como nos sistemas técnicos pertinentes;
- Introdução de sistemas de monitorização e automatização, se aplicável;
- Introdução de regulação da temperatura em compartimentações separadas, através de sistemas autorreguladores;
- Instalação de pontos de carregamento e/ou infraestruturas de condutas para futuras instalações dos pontos de carregamento, dependendo da categoria dos edifícios e da dimensão dos parques de estacionamento dos mesmos;

- O limiar para inspeções a sistemas de aquecimento, ar condicionado e sistemas combinados (aquecimento/ventilação e ar condicionado/ventilação) passa para sistemas com potencia nominal útil superior a 70 kW;
- Estabelecimento de um regime comum voluntário para a classificação do grau de aptidão dos edifícios para tecnologias inteligentes, com a definição de um método de cálculo e um respetivo indicador.[3]

2.3 LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

As metas estabelecidas para 2020, foram ambiciosas, contudo, em Portugal, o parque edificado está a ser, gradualmente, renovado. Os edifícios já intervencionados, tendo em conta a legislação aplicada, relativamente à eficiência energética dos edifícios, em comparação com edifícios típicos dos anos 80, apresentam melhor eficiência ao nível do isolamento térmico.

A legislação relativamente aos requisitos térmicos teve uma grande evolução, uma vez que antes de 1990 não existiam quaisquer requisitos (Figura 2).

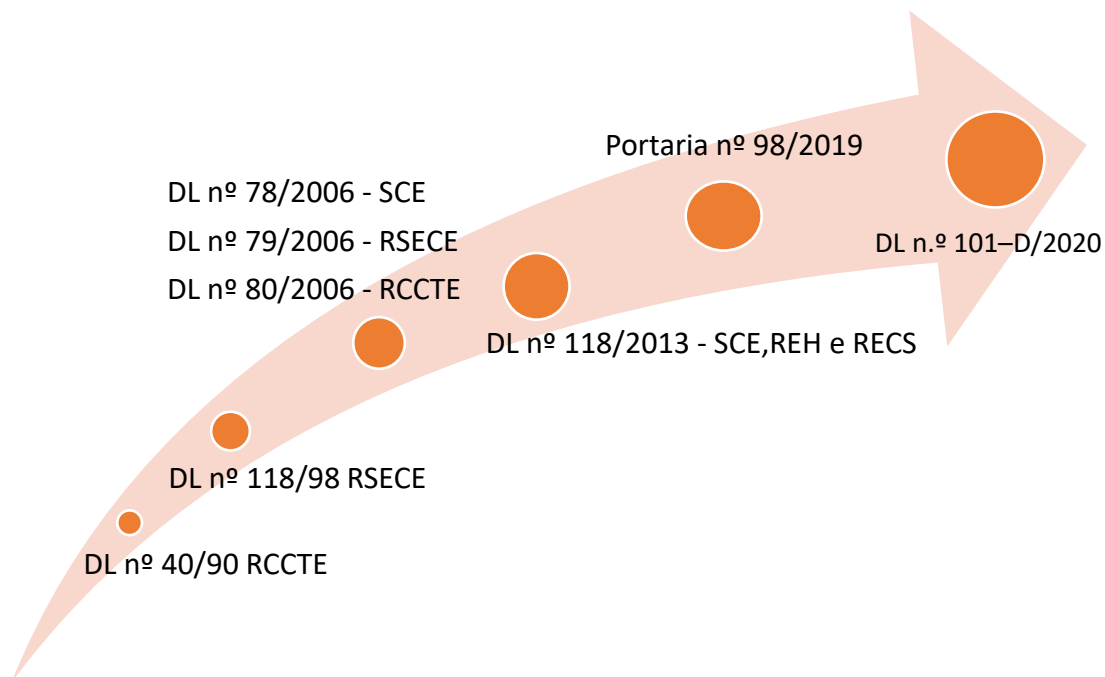


Figura 2 – Cronologia da Legislação Nacional de Energia em edifícios

2.3.1 Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro – RCCTE

O regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 40/90, foi o primeiro documento legal em Portugal que impôs requisitos para edifícios novos e para grandes renovações. O principal objetivo passava por melhorar o conforto térmico no interior dos edifícios, sem necessidade de um consumo elevado energia, nas estações de Arrefecimento e de Aquecimento. [6]

2.3.2 Decreto-Lei 118/98 de 7 de maio – RSECE

O regulamento dos sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/98, consistia em estabelecer regras de dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios. O regulamento também estabelecia condições a observar para que as exigências a nível do conforto térmico e da qualidade do ambiente no interior dos edifícios seja cumprida. [7]

2.3.3 Decreto-Lei 78/2006, de 4 de abril – SCE

O sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior nos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 78/2006, foi o método adotado pelo Estado para assegurar a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios. Os principais objetivos do SCE são:

- Assegurar a aplicação regulamentar, relativamente às condições de garantia da qualidade do ar interior;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar medidas corretivas ou de melhoria aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos.[8]

2.3.4 Decreto-Lei 79/2006, de 4 de abril – RCCTE

O regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 79/2006, tem como objetivos:

- Definir as condições de conforto térmico e de higiene nos diferentes espaços dos edifícios;
- Melhorar a eficiência energética global dos edifícios em todo o tipo de consumo energético;
- Estabelecer regras na eficiência dos sistemas de climatização que permitam melhorar e otimizar o seu desempenho energético;

- Monitorizar e controlar os sistemas de climatização, como as condições da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios. [9]

2.3.5 Decreto-Lei 80/2006, 4 de abril

O regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 80/2006, estabelece regras para o projeto de todos edifícios de habitação e de serviço sem sistema de climatização.[10]

2.3.6 Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto

O Decreto-Lei nº 118/2013, aprovado a 20 de agosto de 2013, revoga o Decreto-Lei 78/2006 – SCE, o Decreto-Lei nº 79/2006 – RSECE e o Decreto-Lei nº 80/2006 – RCCTE. O presente Decreto-Lei contempla uma revisão na legislação nacional que traduz melhorias ao nível de sistematização e âmbito de aplicação, ao uniformizar num único diploma: SCE, REH e RECS.

Esta reorganização/ reestruturação facilita e clarifica a interpretação das normas e os seus objetivos, bem como, evidencia a separação entre os edifícios de habitação e os de comércio e serviços para facilitar, assim os tratamentos e gestão dos processos para a melhoria do desempenho energético dos mesmos.[11]

2.3.7 Portaria nº98/2019, de 2 de abril

A Portaria nº 98/2019, aprovada a 2 de abril de 2019, vem proceder à pormenorização do conceito de edifício NZEB, aplicável no âmbito do ordenamento jurídico nacional, e adaptar em consonância as exigências legais e regulamentares que, no caso do REH, se deverão refletir na Portaria nº 349-B/2013, de 29 de novembro.

Assim sendo, a portaria estabelece os seguintes requisitos para necessidades energéticas dos edifícios novos e as características para ser considerado NZEB:

- O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 75 % do seu valor máximo (N_i).
- O valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (N_{tc}) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 50 % do seu valor máximo (N_t).
- Para a zona climática I1, caso a relação N_{ic}/N_i seja inferior ou igual a 0,6 e o fator solar máximo ($g_{T,max}$) dos vãos envidraçados seja inferior ou igual a 0,15, considera -se que o edifício tem apenas necessidades de aquecimento efetivas pontuais, pelo que o valor de N_{ic} , no cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária é nulo.[12]

Os requisitos para o aproveitamento das fontes de energia renováveis são:

- Os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável dos edifícios de necessidades energéticas quase nulas devem suprir pelo menos 50 % das necessidades anuais de energia primária. [12]

2.3.8 Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro

O Decreto-Lei nº 101-D/2020, publicado a 7 de dezembro, estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria dos respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, e regulamenta o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios [13].

2.3.9 Portaria n.º 138-I/2021

A presente Portaria n.º 138-I/2021, estabelece os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e características técnicas específicas. [14]

2.4 QUANTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

2.4.1 Distribuição dos consumos de energia por setor em Portugal

A

Figura 3 apresenta a distribuição dos consumos de energia final por setor de atividade em Portugal no ano 1999 e 2019 [15]. Sendo que existem dois grandes setores em que o consumo de energia é considerável e dominante, sendo os consumos muito idênticos entre si (Transportes e Indústria).

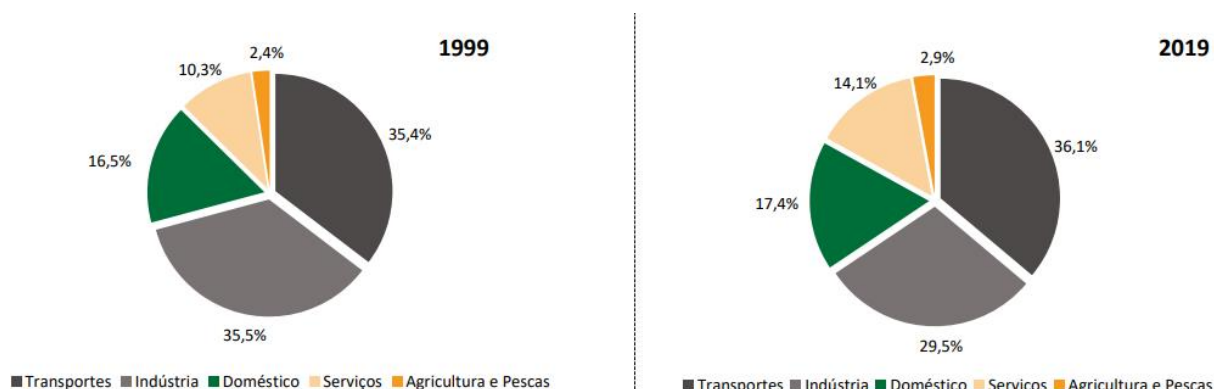


Figura 3 - Consumo total de energia final por cada setor atividade [15]

Como é possível constaram na figura acima, em 2019, o setor dos transportes continuou a ser o principal consumidor de energia (36,1%), seguido da indústria (29,5%), doméstico (17,4%), serviços (14,1%) e agricultura e pescas (2,9%). [15]

Em 2019, não se registaram alterações significativas face à estrutura de consumo verificada em 1999, salientando-se uma TCMA de -0,8% para indústria no período 1999-2019, enquanto no setor dos serviços a TCMA foi de +1,4%. [15]

Realçamos também que, conforme é visível na Figura 4 no consumo de energia final, verificou-se que, em 2019, o petróleo continua a ser a principal fonte de energia (46,2%), seguido da eletricidade (24,7), gás natural (10,6%), renováveis sem eletricidade (10,8%) e o calor proveniente da cogeração (7,2%). De notar que o peso do petróleo, com passar dos anos tem decrescido, sendo que o peso da eletricidade, gás natural e renováveis tem registado um aumento. [15]

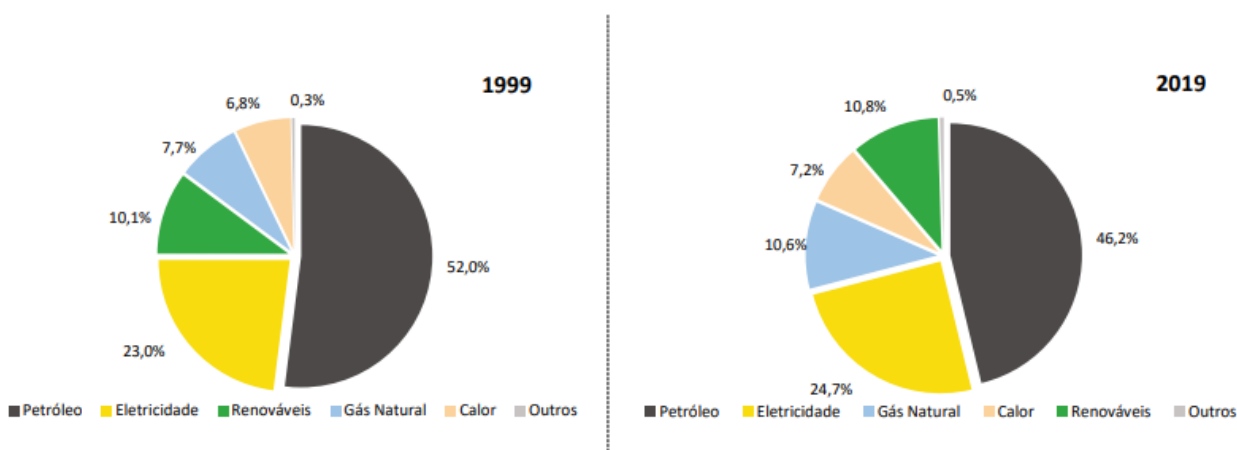


Figura 4 - Consumo total de energia final (comparação) [15]

2.4.2 Consumos de Energia para Climatização

Relativamente ao conforto térmico dos edifícios é importante ter consciência da quantidade de energia gasta para a climatização de um edifício. De um modo genérico, no setor doméstico nos países europeus, o consumo para climatização contempla uma grande parcela, embora haja algumas diferenças entre os vários países. Em 2012, constatou-se que a média europeia aponta que 67% da energia consumida no setor doméstico é destinada a aquecimento e uma pequena parte, aproximadamente 0,5%, é destinada a arrefecimento. Portugal é um dos países com consumo energético bastante mais baixo que a média europeia, sendo o segundo país com menor percentagem de energia destinada a aquecimento. [3]

A Figura 5 apresenta a distribuição dos consumos de energia por tipo de utilização em Portugal, no ano de 2010, segundo inquérito feito à população portuguesa relativa ao consumo de energia no setor doméstico. Conforme se pode constatar, a cozinha é onde há maior consumo de energia. Com consumos semelhantes segue-se o Aquecimento de águas (AQS) e o Aquecimento do Ambiente, com 23,5% e 21,5%, respetivamente. [3]

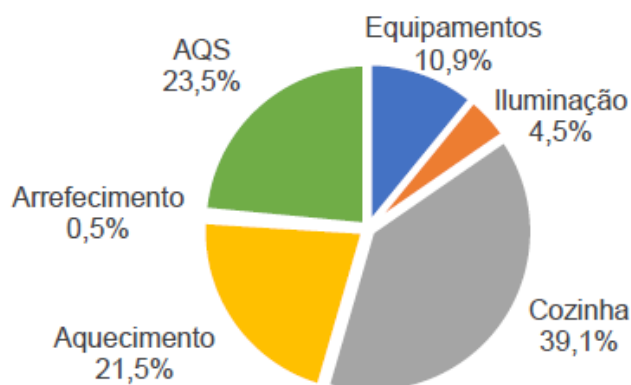


Figura 5 - Distribuição do consumo de energia, no setor doméstico em Portugal (2010) [3]

Em particular, sendo já uma questão cultural, a principal fonte de energia no Aquecimento do Ambiente é a lenha, que contabiliza 68% do consumo energético, sendo um dado preocupante, face as partículas que são expelidas para meio ambiente e a respetiva libertação de gases tóxicos para o ser humano, principalmente em espaços fechados. [3]

2.5 REQUISITOS REGULAMENTARES EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

2.5.1 Categoria de Requisitos

Relativamente aos requisitos dos edifícios de habitação podem ser agrupadas em quatro categorias. Na tabela que se segue, são identificados os requisitos a que um edifício está sujeito, para validar o seu cumprimento.

Tabela 1 - Requisitos e âmbitos de aplicação [16]

Tipo de Requisitos	Parâmetros	Obrigatórios em
Qualidade térmica da envolvente	- $U_{máx}$ da envolvente opaca - $U_{w(máx)}$ ou $U_{wdn(máx)}$ da envolvente envidraçada - $g_{máx}$ do vão	Edifícios novos e Intervenções (1)
Qualidade do ar interior	- R_{PH} mínimo	Edifícios novos e Grandes Intervenções
Sistemas técnicos	- E_{ren} para AQS(2) - Eficiências dos sistemas técnicos - Isolamento acumulação e distribuição - Outros	Edifícios novos e Intervenções (1)
Energéticos	- N_{ic} - N_{vc} - N_{tc}	Edifícios novos e Grandes Intervenções

(1) – Nos elementos intervencionados, salvo justificação validada pela entidade licenciadora.

(2) – Apenas novos e grandes Intervenções.

2.5.2 Requisitos de qualidade térmica da envolvente

A Portaria n.º 138-I/2021, 1 de Julho de 2021 estabelece requisitos na envolvente térmica dos edifícios, aplicando aos edifícios novos, aos edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios alvo de intervenções, sendo que, existe diversas particularidades consoante o seu enquadramento.

Estabelecer requisitos é importante para que se possa garantir a implementação de soluções construtivas de um elevado grau de eficiência, conseguindo-se, assim, reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento e por consequência os consumos de energia, promovendo a eficiência energética, a salubridade e o conforto térmico.

Face às condições meteorológicas do país, encontram-se definidas 3 zonas climáticas de inverno e o mesmo número de zonas climáticas de verão, variando os requisitos de coeficiente térmico da envolvente opaca e envidraçada, mas essa variação vai depender da zona e da altitude em que o edifício se encontra implantado, ou seja, quanto mais extrema for a estação de aquecimento melhor terá de ser a solução implementada. [16]

2.5.2.1 Identificação da zona climática

Portugal encontra-se dividido em três zonas climáticas de Verão (V_1 , V_2 , V_3) e da mesma forma se divide no Inverno (I_1 , I_2 , I_3). Cada concelho apresenta dados climáticos de referência para cada estação (Verão e Inverno):

- Número de graus-dia, na base de 20 °C,
- Duração da estação de aquecimento em meses,
- Temperatura exterior de projeto de Verão,
- amplitude térmica média diária do mês mais quente.

Os valores dos parâmetros climáticos X associados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência X_{REF} para localização do edifício em estudo (NUTS III), sendo ajustado com base na altitude, z . [17]

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) \quad [17]$$

Os critérios para classificação das três zonas climáticas no Verão e no Inverno, é através da análise das seguintes tabelas, tendo em consideração a obtenção dos valores $\theta_{ext,v}$ e GD.

Tabela 2 - Critérios para a determinação da zona climática no Verão [17]

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

Tabela 3 - Critérios para a determinação da zona climática no Inverno [17]

Critério	$\text{GD} \leq 1300$	$1300 < \text{GD} \leq 1800$	$\text{GD} > 1800$
Zona	I1	I2	I3

2.5.2.2 Requisitos da envolvente opaca e envidraçada

Relativamente aos requisitos da envolvente opaca foram publicados na Portaria n.º 349-B/2013, tendo sido revisto e retificado na Portaria n.º 379-A/2015 e n.º 138-I/2021. Na Tabela 4, são apresentados os valores admissíveis / mínimos para verificação da envolvente opaca de edifício intervencionado. [16]

Tabela 4 - Requisitos da envolvente opaca em Portugal continental [14]

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente.	Verticais	Exterior ou interior com $b_{23u} > 0,7$	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{23u} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{23u} > 0,7$	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{23u} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{23u} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{23u} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{23u} > 0,7$	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{23u} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

Tabela 5 - Requisitos dos envidraçados [14]

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma da Madeira:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma dos Açores:			
Edifícios de habitação	2,90	2,60	2,40
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

2.5.2.3 Requisitos para fator solar de vãos envidraçados

Os vãos envidraçados, além de possuírem requisitos ao nível do coeficiente de transmissão térmica, possuem igualmente requisitos ao nível do fator solar, existindo dois critérios de exceção para o último:

- Os vãos orientados no quadrante norte;

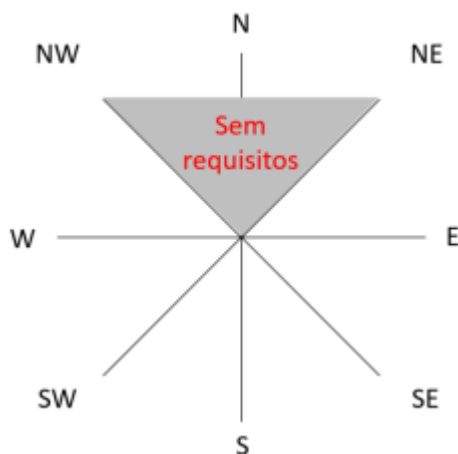


Figura 6 - Verificação dos requisitos ao nível do fator solar [16]

- Os vãos não orientados a norte, de um compartimento cujo somatório da sua área (A_{env}) seja inferior a 5% da área de pavimento do compartimento que servem (A_{pav}).

$$(A_{env} \leq 0,05 \times A_{pav}) \longrightarrow \text{Sem Requisitos}$$

Nos respetivos vãos que não se encontram isentos da verificação de requisitos, dever-se-á verificar a relação entre o somatório da área dos vãos (os vãos direcionados a norte não serão contabilizados) do compartimento em análise e a área de pavimento desse compartimento. A verificação do cumprimento dos requisitos deverá estar de acordo com as seguintes equações: [16]

$$(0,05 \times A_{pav} < A_{env} \leq 0,15 \times A_{pav}) \longrightarrow (\text{Requisito}) - g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax}$$

$$(A_{env} \geq 0,15 \times A_{pav}) \longrightarrow (\text{Requisito}) - g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax} \times \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)}$$

Onde:

g_T - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;

F_o - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas (estação de arrefecimento);

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes do edifício (estação de arrefecimento);

A_{env} - Soma das áreas dos vãos envidraçados, não orientados no quadrante norte, que servem o compartimento [m^2];

A_{pav} - Área de pavimento do compartimento servidos pelo(s) vão(s) envidraçado(s) [m^2].

Relativamente ao g_{Tmax} é o fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados, sendo obtido através da tabela que se segue, tendo em consideração a inércia do edifício e a zona climática no verão.

Tabela 6 - Valores de fator solar (máximos admissíveis) [14]

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifícios de habitação	Fraca	0,15	0,10	0,10
	Média ou forte	0,56	0,56	0,50
Edifícios de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56	0,56	0,50

2.5.2.4 Taxa de renovação do Ar

Nos edifícios de habitação existe a obrigatoriedade de garantir um caudal de ar novo mínimo de 0,50 renovações por hora, o que significa que em cada hora deverá ser renovado 50% do volume em análise, conforme se pode observar na tabela seguinte.[14]

Tabela 7 - Valores mínimos da taxa de renovação horaria nos edifícios de habitação. [14]

Contexto	Rph _{min} (h ⁻¹)
Edifício novo	0,50
Edifício sujeito a grande renovação	
Edifício sujeito a renovação no sistema de ventilação	

2.5.2.5 Sistema de preparação AQ

A instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária é obrigatória em edifícios novos e de grandes intervenções (quando intervencionados, cumulativamente, o sistema produtor e a rede de distribuição) sempre que haja exposição solar adequada.

De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, relativamente à instalação de sistemas solares térmicos, de forma a otimizar o seu funcionamento, recomenda-se que o sistema assegure entre 50% a 75% das necessidades anuais de AQ. [14]

No que diz respeito aos requisitos de dimensionamento adequado dos sistemas de preparação de AQS em edifícios de habitação deve ser realizado tendo por base o consumo diário e a tipologia da habitação em estudo, conforma as seguintes tabelas:

Tabela 8 - Número de pessoas equivalente por tipologia e perfil de carga equivalente, para edifícios de habitação [14]

Tipologia do edifício	Número de pessoas equivalente	Perfil de carga equivalente
T0	2	M
T1	2	M
T2	3	M
T3	4	L
T4	5	L
T5	6	XL
T6	7	XL
T7	8	XL
>T7	Igual à tipologia	XXL

Tabela 9 - Consumo diário de AQS para edifícios de habitação, conforme previsto na Norma EN 12831-3. [14]

Subcategoria do edifício	Consumo de AQS (l/pessoa)
Unifamiliar	40
Multifamiliar	30

2.5.2.6 Sistema de produção de energia elétrica

A instalação de sistemas de produção de energia elétrica, cada vez é mais importante para o auxílio dos consumos de energia que um edifício tem, sem recorrer à rede de fornecimento. De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, para uma correta aplicação dos painéis será necessário, numa fase inicial, uma avaliação em função do consumo de energia do edifício e de uma eventual necessidade de injeção na rede, com vista a um adequado dimensionamento da produção e desempenho.

Conforme consta na Portaria referenciada anteriormente, os requisitos pretendidos para um dimensionamento adequado são:

- O dimensionamento das unidades de produção para autoconsumo (UPAC) deve ser realizado por forma a otimizar a relação entre a produção e o consumo de energia da própria instalação, nos termos do Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro;
- O dimensionamento das instalações de cogeração deve ser realizado por forma a dar resposta às necessidades de energia térmica e de eletricidade, nos termos do Decreto-Lei n.º 23/2010, de 25 de março, na sua redação atual. [14]

2.6 CONCEITO NZEB

O conceito NZEB, provém do conceito base dos *Zero Energy Buildings* (ZEBs) que se fundamenta num balanço energético, no qual as necessidades energéticas do edifício são supridas por energia proveniente de fontes de energias renováveis, ao longo de um período de tempo.

Assume-se que, tipicamente, um *Zero Energy Building* (ZEB) utiliza fontes de energia e vetores energéticos convencionais, tais como eletricidade e gás natural, quando a transformação de energia no local não consegue igualar a sua necessidade. Caso a transformação de energia seja superior à necessidade do edifício, a eletricidade produzida em excesso pode ser exportada para a rede. [18]

Ou seja, se se contabilizar as trocas de energia entre o edifício e a rede como balanço energético, a produção de eletricidade em excesso pode compensar a utilização da energia proveniente da rede e atingir-se, assim, o conceito ZEB. [18]

A ideologia de implementar *Zero Energy Building* sem uma ligação à rede tornar-se-ia muito difícil, já que atualmente as tecnologias de armazenamento são limitadas e dispendiosas. Sem ligação necessária à rede, a transformação de energia a partir de fontes renováveis teria de ser sobredimensionadas, o que por sua vez levaria a que, em certos períodos de tempo, houvesse um excesso de produção de eletricidade que seria desperdiçada. [18]

O balanço energético pode ser determinado entre a carga do edifício e a transformação de energia do mesmo ou entre a energia importada e exportada entre o edifício e a rede (neste caso, utiliza-se geralmente o termo *Net Zero Energy Building*) REF, como se pode observar na Figura 7[18]

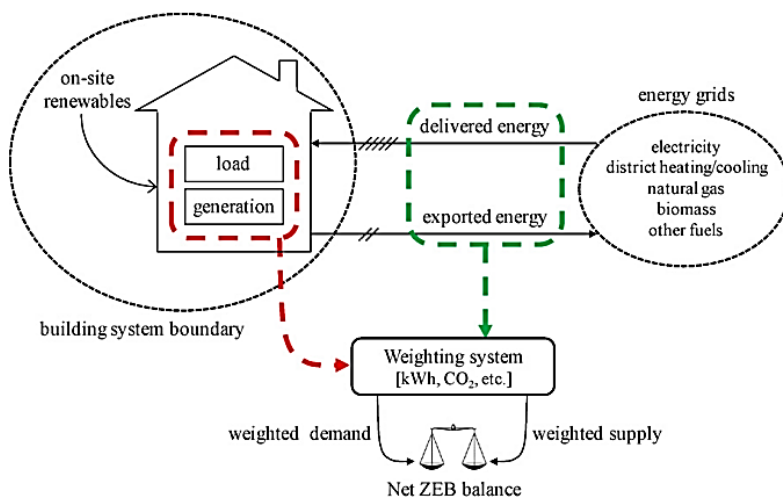


Figura 7 - Balanço energético para um *Zero Energy Building* [18]

Para pôr em prática este balanço, vários aspetos devem ser avaliados. Adicionalmente, outros atributos para além do balanço ao longo de um período de tempo podem ser desejáveis para caracterizar os ZEB's.

Estes aspetos serão descritos e analisados numa serie de cinco critérios, dispostos na seguinte estrutura base[18]:

i. Fronteira do sistema – Edifício

- a) Fronteira física – Define a fronteira do edifício. Considera área útil para identificar se a transformação de energia ocorre dentro dos limites do edifício (“on-site”);
- b) Fronteira do balanço – Define quais os gastos energéticos que são considerados no balanço. Geralmente incluem o aquecimento, arrefecimento, ventilação, águas quentes sanitárias, iluminação e equipamentos;
- c) Condições de fronteira – Para definir com consistência ZEB deverá permitir uma comparação entre edifícios similares num clima semelhante. Deverá ser necessário especificar explicitamente um conjunto de condições de fronteira:
 - Funcionalidade do edifício – Descrever o tipo de utilização do edifício, como por exemplo, residencial, escritório, hospitalar, entre outros;
 - Densidade ocupacional – nº de pessoas / m²;
 - Clima;
 - Critério de conforto.

ii. Sistema de ponderação

- a) Unidades – Dependendo do objetivo do projeto, as escolhas das unidades podem ser apropriadas. Desta forma, quatro definições são comumente utilizadas[18]:
 - *Net Zero Site Energy* – A quantidade de energia transformada proveniente de fontes energéticas renováveis é igual à quantidade de energia consumida pelo edifício, num ano;
 - *Net Zero Source Energy* – Neste caso o edifício irá produzir ou comprar, pelo menos, a mesma quantidade de energia renovável que consome no período de um ano. Será contabilizada toda a energia primaria empregada para extrair, processar, gerar e fornecer energia útil ao local. Para calcular a energia quer importada quer exportada deve ser multiplicada por fatores de conversão; [19]
 - *Net Zero Energy Cost* – Relativo a este caso, o objetivo é a realização de um balanço nulo entre os preços de energia exportada e importada para a rede. Desde modo, o que deverá suceder é que o balanço entre o valor pago pelo utilizador à empresa que

fornece energia e o que a empresa paga pela energia renovável fornecida pelo utilizador, no período de um ano, seja o mais próximo possível de zero; [19]

- *Net Zero Emissions* – Nesta hipótese o edifício irá produzir ou comprar energia renovável livre de emissões em quantidade suficiente de forma que seja compensada as emissões por ele libertadas no intervalo de um ano. [19]

Cada definição acarreta vantagens e desvantagens, as quais devem ser tidas em consideração para a escolha correta das unidades do sistema de ponderação.

Para além destes ZEB’s abordados, não se deve só considerar a energia em termos quantitativos, mas também como qualitativos – Exergia. Nesta análise, o balanço exergético do edifício deve ser igual a zero. Este conceito permite a avaliação completa do impacto dos edifícios no ambiente. Como princípio fundamental para atingir a tal meta, o edifício deve estar envolto em opções que visam a resolução da incompatibilidade na utilização de recursos de elevada exergia para suprir necessidades de baixas exergia [18].

- **Simétrica:** O cálculo de um vetor energético de dois sentidos (por exemplo a eletricidade) pode ser realizado através de uma ponderação simétrica (utilizando fatores de conversão iguais para a quantidade de energia exportada e importada do edifício) ou assimétrica (utilizando fatores de conversão diferentes)
- **Dependência temporal:** Os fatores de conversão variam ao longo do tempo e espaço, pelo que deverão ser atualizados em intervalos de tempo regulares que acompanhe o desenvolvimento da rede.

Tabela 10 – Vantagens e Desvantagens do *Net Zero Site Energy* [18]

Net Zero Site Energy	
Vantagens	Desvantagens
- Fácil de implementar	- Não contabiliza todos os custos associados ao serviço
- Aproximação para atingir ZEB mais conservadora	- Necessita de uma maior área de painéis fotovoltaicos para compensar uso de gás natural
- Possibilidade de registar através de medições no local implementado	- Não consegue equiparar combustíveis

- Não é influenciado por fatores externos, sendo prático e fácil de monitorização	- Não considera as diferenças não-energéticas entre combustíveis
---	--

Tabela 11 – Vantagens e Desvantagens do *Net Zero Source Energy* [18]

<i>Net Zero Source Energy</i>	
Vantagens	Desvantagens
- Possível equiparar o valor energético entre diferentes tipos de combustível utilizados no local	- Requer uma elevada quantidade de informação, para definir os fatores de conversão entre energia da fonte e a do edifício
- Melhor método para a previsão de impacto sobre o sistema nacional de distribuição de energia elétrica.	- Não contabiliza as diferenças não energéticas entre combustíveis (poluição, disponibilidade, ...)
- Maior facilidade de alcançar ZEB	- A mudança de combustíveis na fonte pode ter um maior impacto na obtenção do objetivo do que a utilização de equipamentos e tecnologias mais eficientes

Tabela 12 – Vantagens e Desvantagens do *Net Zero Energy Costs* [18]

<i>Net Zero Energy Costs</i>	
Vantagens	Desvantagens
- Fácil de implementar	- O impacto da procura na rede nacional, pode não se refletir, uma vez que reduzir a necessidade energética, através da utilização de coletores fotovoltaicos com armazenamento pode ser mais valioso do que a exportação para rede.
- Fácil monitorizar através das faturas fornecidas pelo fornecedor	- Necessários acordos de monitorização, de tal forma que exportar compense mais do que a energia importada, tendo em consideração as taxas a que estão sujeitas

- Controlo responsável da procura energética	- As taxas energéticas são muito variáveis, o que dificulta a monitorização ao longo do tempo
--	---

Tabela 13 – Vantagens e Desvantagens do *Net Zero Energy Emissions* [18]

<i>Net Zero Energy Emissions</i>	
Vantagens	Desvantagens
- Fácil de alcançar ZEB	- Necessário de fatores de emissão apropriados
- Melhor modelo de obtenção energia verde e minimização de impactos ambientais	--
- Considera as diferenças não-energéticas entre combustíveis (poluição, emissão de gases de estufa, ...)	--

iii. Balanço ZEB

a) Período de tempo: O espaço temporal considerado é um balanço anual, ou seja, cobre todas as estações do ano. A seleção de espaços temporais mais curtos (sazonais ou mensais) podem ser altamente exigentes do ponto de vista de design, de eficiência energética e de sistema de abastecimento, para que se atinga objetivos mais críticos (Inverno). Adotar intervalos, mais extensos, na ordem das décadas, pode ser utilizado para avaliar o equilíbrio ao longo do ciclo de vida do edifício [18].

b) Tipo de Balanço: Existem três tipos de balanço. O primeiro, é balanço entre energia importada (Energia retirada à rede pelo edifício) e exportada (Energia colocada na rede pelo edifício), tendo em consideração que estimativas de autoconsumo estão disponíveis. Poderá ser considerado o balanço entre energia produzida e energia necessária ao edifício, desconsiderando a sua interação (o autoconsumo não está disponível). Por fim, o balanço mensal, que contempla só a capacidade produção mensal e a carga mensal do edifício, em que assume estão equilibradas [18].

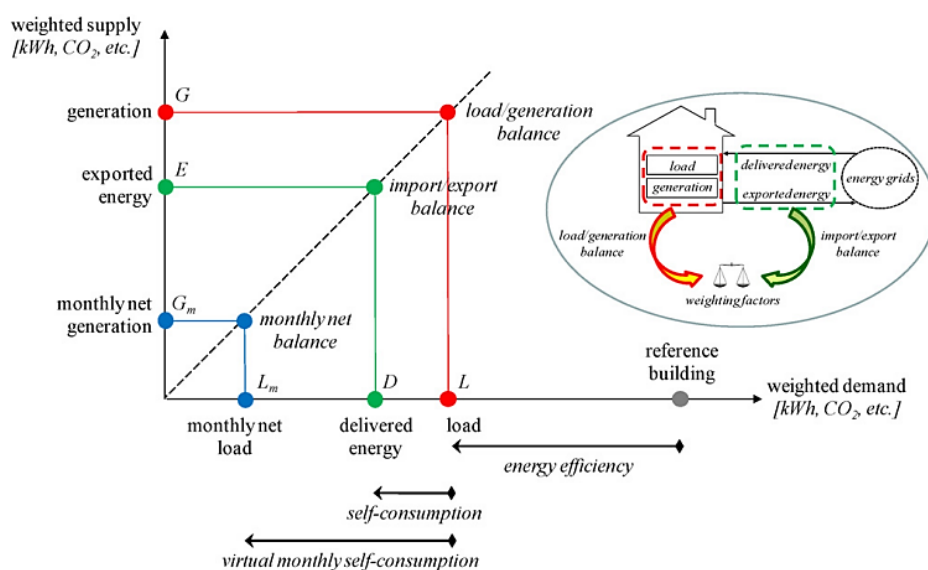


Figura 8 – Representação gráfica dos três tipos de balanço [18]

- c) Eficiência energética: Uma definição de ZEB poderá também ter requisitos mínimos de eficiência energética. Esses requisitos podem ser prescritivos ou de desempenho. O primeiro passa pelas propriedades do edifício (capacidade da resistência térmica das paredes, ...) ou sistema AVAC. O segundo tópico refere-se às necessidades energéticas (aquecimento, arrefecimento, iluminação, ...); [18]
- d) Fornecimento de energia: Depende das especificações, relativo ao fornecimento de energia. [18]

iv. Características da energia ao longo do tempo

- a) Correspondência entre a carga do edifício e a produção de energia: A correspondência temporal entre a carga e a produção de energia dá uma primeira impressão sobre a capacidade de um edifício trabalhar em sinergia com a rede. Uma baixa cooperação entre a carga e a produção de energia, por exemplo elevada necessidade energia no inverno e grande quantidade de produção no verão, demonstra uma baixa correlação entre a carga e produção de energia. [18]
- b) Interação com a rede: Nos casos de uma rede inteligente, pretende-se que haja uma grande flexibilidade da interação desta com edifício, ou seja, aumentar a capacidade do edifício responder a sinais provenientes da rede. Um bom exemplo, passa pelo ajuste da carga ou da produção de energia consoante os sinais da rede relativamente a preços. [18]

v. Medição e Verificação

Estabelecer metas para a performance de um edifício a nível político leva à necessidade de desenvolvimento de sistemas de classificação de energia, ou seja, metodologias para a avaliação do desempenho do edifício. [18]

O conceito de *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), surge após a reformulação da EPBD 2002 para a EPDB-Recast, Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio, que, dentro das várias medidas apresentadas, tem como principal foco, a redução de 20% de gases com efeito estufa, permitindo o cumprimento do protocolo de Quioto, aumentar em 20% a eficiência energética e uma cota de energia renovável. De forma obrigatória estabeleceu-se que a partir de 2018 todos os novos edifícios públicos têm de atingir o estado NZEB e a partir de 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios a serem desenvolvidos, também. Num processo mais ambicioso, no mesmo seguimento de atingir o *Net Zero Energy Buildings* (NZEB), onde não só reduz as necessidades energéticas, como também, todas elas sejam provenientes de energia localmente produzida por fontes renováveis. [19]

Desta feita, o conceito visa particularizar os edifícios que se comportam de forma exemplar do ponto de vista energético, sendo definido como “um edifício com desempenho energético muito elevado”.

Um dos grandes objetivos, passa por reduzir a quantidade de energia requerida através da implementação de soluções passivas, sendo que, de um ponto de vista mais otimista, esta energia seria obtida, maioritariamente, por meios de fontes renováveis, quer estas se encontrem no local ou na envolvente dos edifícios. [19]

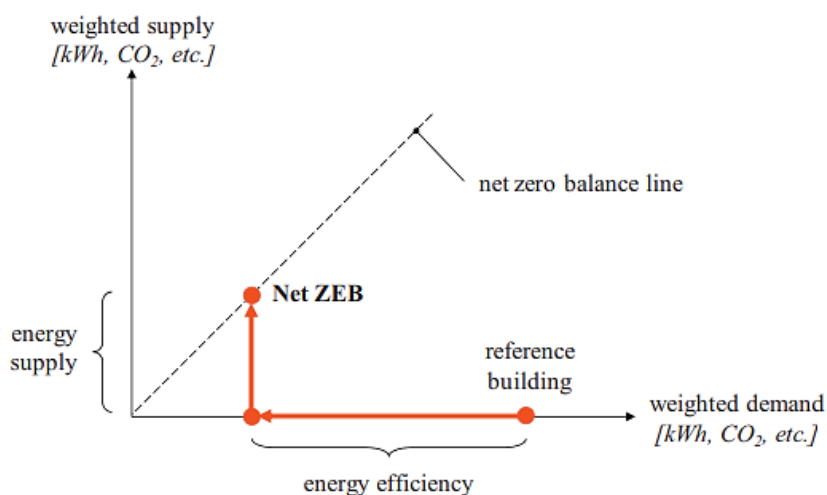


Figura 9 - Representação grafica do conceito Net ZEB [20]

Através do gráfico, é possível, de forma intuitiva entender o conceito NZEB. Ou seja, no eixo das ordenadas estão representados os ganhos energéticos e no eixo das abcissas os gastos energéticos, assim sendo pretende-se reduzir o consumo energético através implantação de soluções construtivas passivas e paralelamente, a obtenção dessa mesma energia ser garantida pela utilização de fontes energéticas renováveis locais.



Figura 10 – Estratégias para o melhoramento da eficiência energética de edifícios [21]

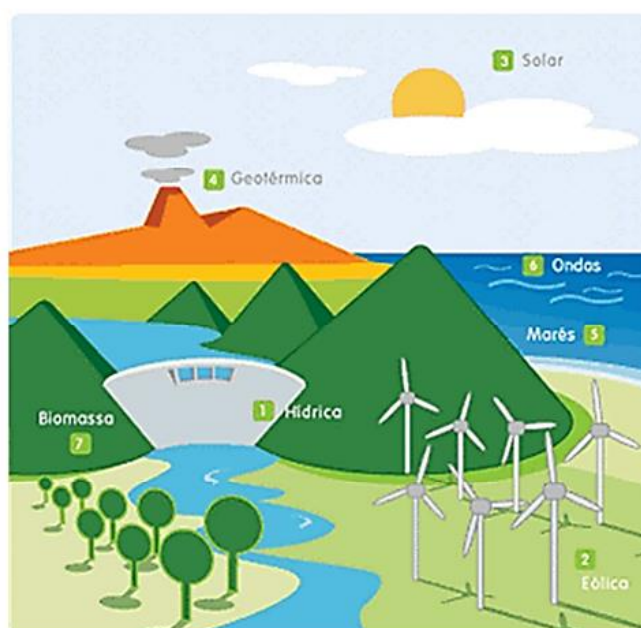


Figura 11 - Exemplos de fontes renováveis [21]

As fontes de energia renováveis provem principalmente de energia eólica, energia solar, energia geotérmica e biomassa, uma vez que são mais fáceis e práticos de obter por equipamentos mais pequenos.

– **Desafios para implementação de edifícios com consumo energético quase nulo**

Para implementação de edifícios NZEB, tem de se ter em consideração várias barreiras que poderão surgir ao nível da adaptação de técnicas construtivas e a integração de tecnologias em desenvolvimento no que diz respeito a projetar e conceber edifícios com maior eficiência [21].

Na conceção deste tipo de edifícios, temos de ter em consideração um investimento inicial considerável em fontes de energias renováveis. Contudo, nem sempre é possível esse investimento, face às várias limitações do local, ou a nível monetário pelo dono de obra. Nesse caso, torna-se mais rentável investir na melhoria da envolvente do edifício e em equipamentos mais eficientes para que a necessidade de produção de energia, através de energia renováveis seja reduzida, para se atingir o balanço energético nulo [21].

No entanto, a principal barreira passa pelo investimento inicial, em que consumidor deverá ter em consideração, uma vez que numa fase inicial foca-se no valor final de obra e não no retorno financeiro que a longo prazo irá obter na redução mensal na fatura energética [21].

De forma sucinta, o principal obstáculo é o mercado não reconhecer o potencial e os benefícios dos produtos, processos e sistemas sustentáveis, que impedem a implementação dos edifícios NZEB a uma escala mais global tanto a nível de construção nova como de reabilitação [21].

– **Caraterização do tipo de edifícios existentes**

Um dos principais focos que deverá ter consideração será o conhecimento aprofundado do parque edificado existente, ou seja, um real conhecimento do comportamento dos edifícios a nível energético, poderá agilizar e averiguar de forma mais consciente e concisa os principais pontos a intervir para que se possa garantir uma maior eficiência energética, possibilitando a transformação dos edifícios atuais em edifícios com balanço energético nulo [21].

No entanto, será necessário idealizar edifícios de referência para cada região, destinados a representar o tipo edifício existente naquela região em específico.

– **Níveis ótimos de rentabilidade**

Através da utilização da energia primária e dos custos globais associados às medidas de melhoramento energético implementadas é possível conceber um gráfico de referência, onde é perceptível de forma intuitiva a relação entre o custo associado e a eficiência obtida [21].

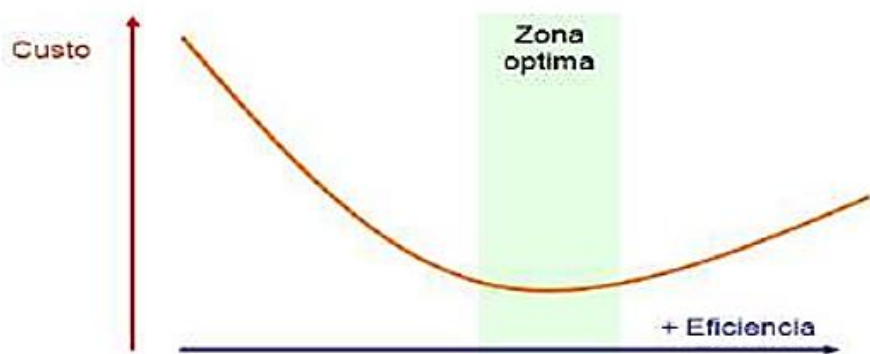


Figura 12 - Gráfico de referência da relação entre custo e eficiência que estabelece os níveis ótimos

[21]

O gráfico da Figura 12, demonstra no eixo das abscissas a eficiência energética e no eixo das ordenadas o custo associado, em que a relação entre ambas é traçada a curva que demonstra o nível ótimo de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho térmico. Também se verifica a existência de uma zona ótima para o investimento e eficiência originada por esse investimento.

O presente gráfico, tem como principal objetivo demonstrar que quanto maior for o investimento inicial mais rapidamente é alcançada a zona ótima da eficiência. Contudo, caso ultrapasse essa zona ótima estabelecida, o retorno do investimento para alcançar maior eficiência irá reduzir.

De forma sucinta, deverá ser estudado quais as medidas de melhoramento a adotar, que sejam capazes de proporcionar um balanço energético quase nulo e que necessitem de um investimento inferior para o atingir. [21]

2.7 MEDIDAS A ADOTAR PARA ALCANÇAR UM NZEB

No decorrer deste tópico serão expostas um serie de técnicas e estratégias que permitem reduzir as necessidades energéticas de um edifício com a preocupação constante de garantir o conforto térmico, mas nunca descurar a importância de bom planeamento das cidades.

Também haverá uma abordagem mais teórica que permite enquadrar alguns conceitos que serão referenciados no decorrer da dissertação.

O primeiro ponto a referir no desenvolvimento de um projeto de um edifício é visualizar e pensar no edifício em estudo e em formas de minimizar as necessidades energéticas. Assim sendo, haverá quatro tópicos que deverão ter um peso importantíssimo [19]:

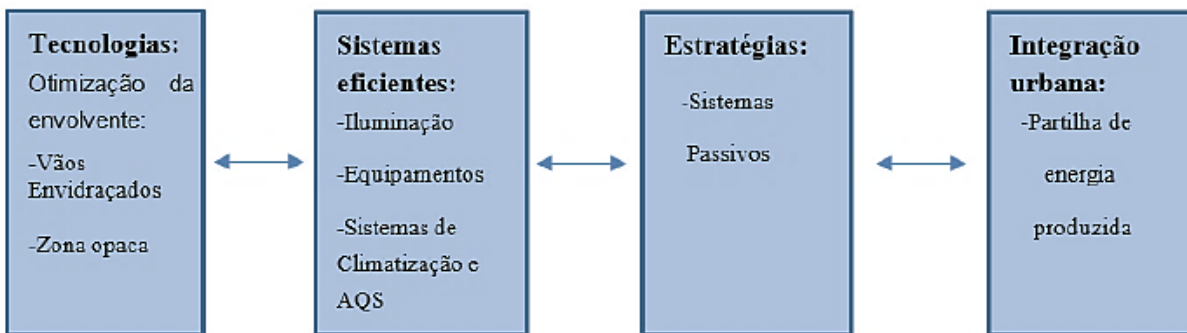


Figura 13 - Fatores fundamentais para alcançar NZEB [19]

2.7.1 Estratégias construtivas

– **Orientação do edifício**

Cada vez mais uma correta orientação do edifício constitui uma decisão fulcral no futuro desempenho energético do edifício. Para aferir com exatidão a orientação correta é necessário saber o trajeto realizado pelo sol ao longo de todo dia, durante todas estações do ano.

Na figura que se segue (Figura 14), podemos observar que a orientação que mais favorece os ganhos solares em todo o hemisfério norte é a Sul e, portanto, é através da fachada que podemos obter maiores ganhos energéticos que nos permitem beneficiar a nível térmico, como também garantir iluminação natural. Estes ganhos são importantes no inverno, mas poderão ser prejudiciais no verão levando a sobreaquecimento do edifício, por isso a aplicação de sombreamento pelo exterior é fundamental para minimizar esse problema. [19]

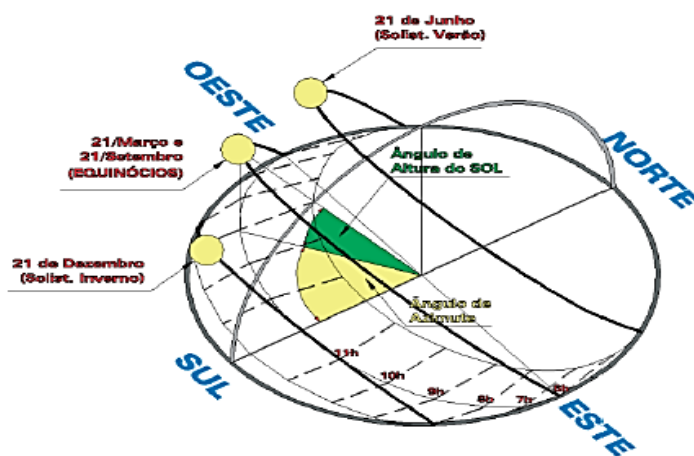


Figura 14 – Trajetória aparenta do Sol ao longo do ano para o Hemisfério Norte [28]

Para melhor análise e entender a importância da orientação, a Figura 15 demonstra a radiação solar, em cada orientação, num edifício que se localiza no centro de Lisboa.

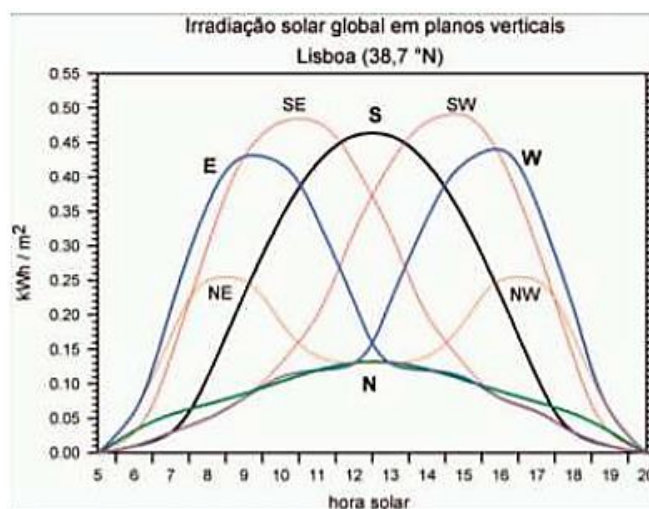


Figura 15 - Radiação solar em cada orientação do edifício [19]

Conforme se pode constatar pela figura anterior, a orientação para Sul é a que fornece uma maior contribuição de energia solar durante um maior período de tempo.

Numa fase final, a escolha da orientação do edifício, também deveria ter em consideração a vegetação, topografia, possibilidade de construções futuras que se poderão tornar um obstáculo para um maior aproveitamento da energia solar.

– **Envoltente do edifício e a sua otimização**

Estabelecer limites entre o espaço interior e exterior, deve ser devidamente pensada e consciencializada de forma que o utilizador tenha o maior conforto no interior da habitação. Ou seja, definir limitações a nível de ganhos de calor nas épocas mais quentes e perdas de calor durante períodos mais frios. Todas as trocas de energia entre o interior e exterior ocorrem pelos elementos da envoltente através de mecanismos de transmissão, portanto, deveria ser conscientemente pensada quais os materiais a aplicar, para que se possa garantir um melhor desempenho energético e evitar custos desnecessários no aquecimento e arrefecimento da habitação [19].

Uma habitação pode apresentar várias perdas de calor, através de uma grande variedade de elementos, como se pode observar na seguinte figura.

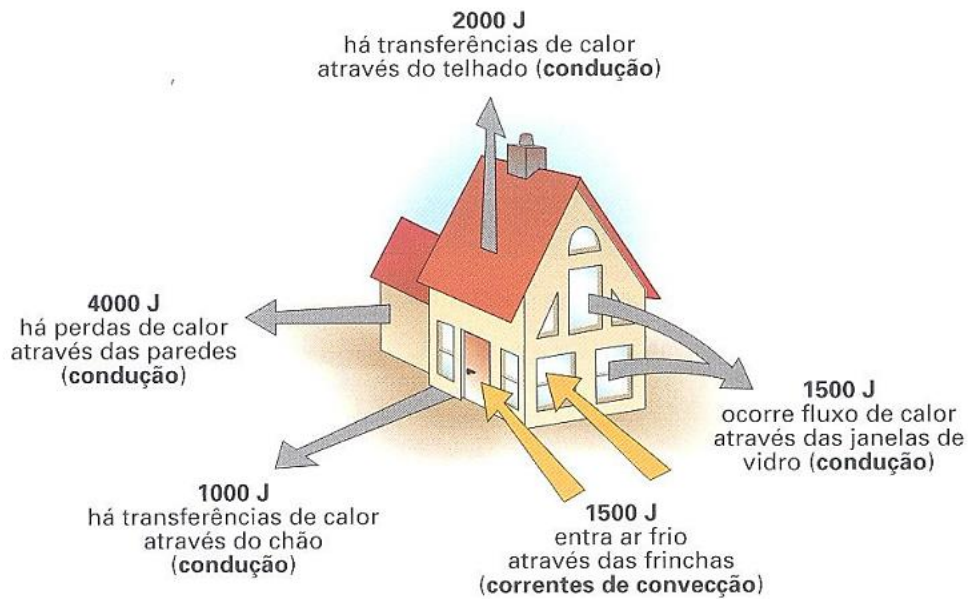


Figura 16 - Perdas gerais de calor de uma habitação [22]

– **Inércia térmica e isolamento térmico**

De forma a otimizar a envolvente do edifício e as perdas e ganhos energéticos numa habitação teremos de ter em consideração a Inércia térmica e o Isolamento térmico.

A inércia térmica esta presente em qualquer material que tenha massa e calor específico diferente de zero. Numa habitação, a inércia térmica tem um grande impacto no comportamento térmico da mesma. A envolvente de um edifício é composta por paredes, cobertura e pavimento e por norma é uma construção pesada, um elemento com grande capacidade térmica assim como lajes e paredes interiores, que contribuem de forma eficiente para a inércia do edifício, conferindo um reservatório de calor e amortecedor de calor, contrariando e amortecendo os picos de temperatura no exterior. [19]

O conceito de inércia térmica de um elemento é a capacidade de um dado material armazenar o calor e restituí-lo lentamente, permitindo garantir conforto térmico no verão, evitando o sobreaquecimento e no inverno mantendo o aquecimento no interior.

De salientar, que a inércia térmica envolve dois fenómenos: atraso térmico e redução da amplitude térmica.

A inércia térmica é tanto mais forte quando mais pesados e densos forem os elementos da construção, no caso de não haver isolamento térmico. Porém, caso seja utilizada na aplicação de isolamento térmico quer pelo interior, quer pelo exterior pode constituir um fator importantíssimo nas poupanças energéticas. A colocação de isolamento pelo exterior da parede permite que tenha a função de barreira

minimizando as perdas de energia do interior para o exterior, bem como os ganhos de calor em sentido contrário.[19]

Tabela 14 - Isolamentos térmicos correntes [23]

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m. °C)]	
ISOLANTES TÉRMICOS			
<i>lã mineral (MW)</i>			
lã de rocha	20 – 35	0,045	
	35 – 100	0,040	
	100 – 180	0,042	
lã de vidro	8 – 15	0,045	
	15 – 100	0,040	
<i>aglomerado de cortiça expandida (ICB)</i>	90 – 140	0,045	
<i>aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos</i>	100 – 150	0,050	
	150 – 250	0,055	
<i>poliestireno expandido moldado (EPS)</i>	< 11	0,055	
	11 – 13	0,045	
	13 – 15	0,042	
	15 – 20	0,040	
	> 20	0,037	
<i>poliestireno expandido extrudido (XPS)</i>	25 – 40	0,037	
<i>espuma rígida de poliuretano (PUR) ou de poli-isocianurato (PIR)</i>			
	em placas	20 – 50	0,040
	projectado ou injectado in situ entre paramentos metálicos (painéis sanduíche)	20 – 50	0,042
	35 – 50	0,037	
<i>espuma de polietileno expandido extrudido (PEF)</i>	20 – 50	0,050	
<i>grânulos leves ou fibras soltas (sem ligante)</i>			
grânulos de argila, de vermiculite ou de perlite expandidas	< 400	0,16	
outros tipos de grânulos leves ou de fibras soltas	20 – 100	0,060	
<i>espuma elastomérica flexível (FEF)</i>	60 – 80	0,050	

- Coeficiente de transmissão térmica

Quando existem diferenças de temperatura entre as faces interior e exterior de um elemento, a transmissão de calor através dele depende da resistência que cada camada de material que compõe o elemento oferece a essa transmissão. Além da resistência oferecida por cada um dos materiais, duas camadas de ar microscópicas que se encontram nas faces dos elementos também afetam a transmissão de calor [24].

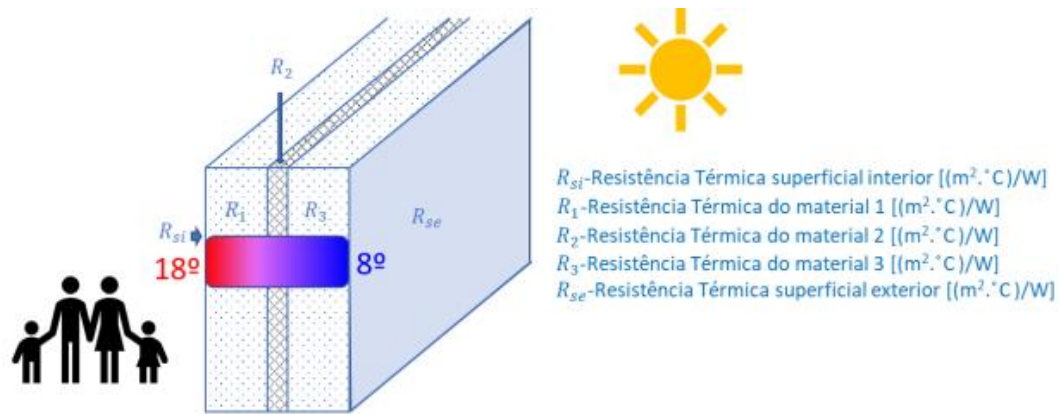


Figura 17 - Coeficiente de transmissão térmica de elementos opacos [25]

O respetivo cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento construtivo é, então, obtido através do inverso do somatório das resistências térmicas superficiais e das várias camadas que compõem o elemento, incluindo caixas de ar com espessura inferior a 30 cm, ou seja [24]:

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

Em que:

R_j – Resistência térmica da camada j , [(m².°C)/W];

R_{si} – Resistência térmica interior, [(m².°C)/W];

R_{se} – Resistência térmica exterior, [(m².°C)/W].

- Elementos opacos

Paredes exteriores

Conforme já foi referido anteriormente, as paredes exteriores correspondem a um elemento que contribuem, e muito, para as perdas e ganhos energéticos numa habitação, através de um mecanismo de transmissão[19].

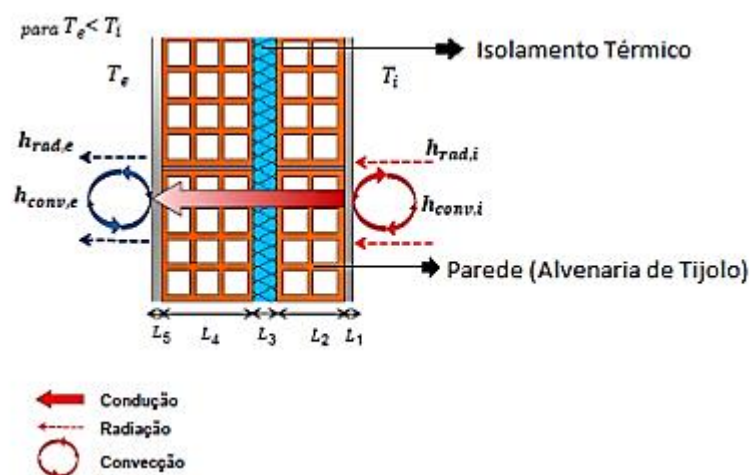


Figura 18 – Perfil térmico de uma parede [19]

No exemplo ilustrado na imagem anterior, podemos observar que temperatura no interior é superior à temperatura no exterior, sendo visíveis as variações térmicas ao longo do seu trajeto pela parede. Realçamos que este elemento, numa situação em que no exterior a temperatura é superior à temperatura do interior, também sofre o mesmo tipo de processo, mas no sentido inverso [19].

Cobertura

Num modo geral, a cobertura é responsável por uma perda térmica significativa. No gráfico seguinte (Figura 19), podemos observar as variações de temperatura em diferentes horas do dia [19]:

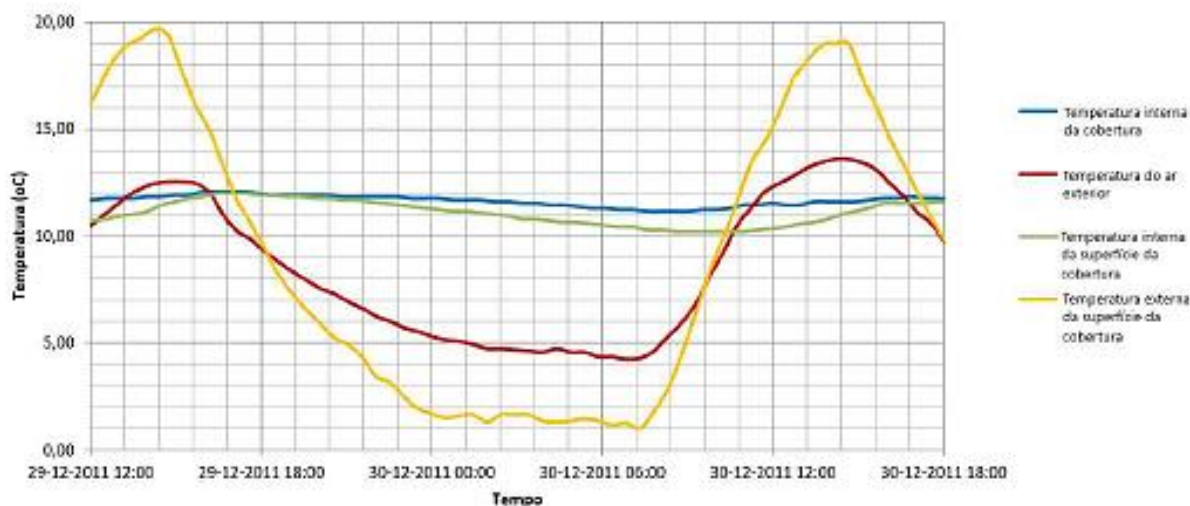


Figura 19 - Exemplos de variações termicas em cada secção da cobertura

Perante a análise do gráfico (Figura 19), concluímos que durante o dia com a radiação a incidir na superfície da cobertura, a temperatura aumenta, sendo superior à temperatura ambiente. Posteriormente, após armazenar toda a radiação que obteve durante o dia, liberta-a durante o período da noite, fazendo com que a temperatura superficial da cobertura reduza drasticamente até 7 ou 8 °C em

comparação com temperatura ambiente [19]. Perante isso, é crucial garantir um bom desempenho energético através do controlo dos fluxos ascendentes (perdas de energia) e descendentes (ganhos de energia).

Assim sendo, e por forma a minimizar estas trocas de energia é importante a utilização de isolamento térmico, adequados ao tipo de cobertura adotada, de modo, a dar maior conforto térmico aos utilizadores, para que não haja ganhos excessivos de calor no verão e perdas de calor no inverno [19].

Relativo ao isolamento, também deveremos ter algum cuidado, caso não haja um bom sistema de ventilação ou não seja limitada a entrada de calor pelos elementos verticais, levava a um possível sobreaquecimento.

Pavimentos

Regra geral, quando se trata de uma habitação unifamiliar o pavimento encontra-se em contato com o exterior, com o solo, ou com compartimentos interiores não aquecidos, como caves, por exemplo, ou seja, uma superfície sujeita a grandes perdas de calor. Para reduzir essas perdas energéticas é importante a inserção de isolamento térmico no pavimento, mas tendo sempre em consideração o tipo de solicitações a que o pavimento vai ser sujeito [19].

A Figura 20 demonstra um corte transversal da constituição de pavimento em contato direto com o solo:

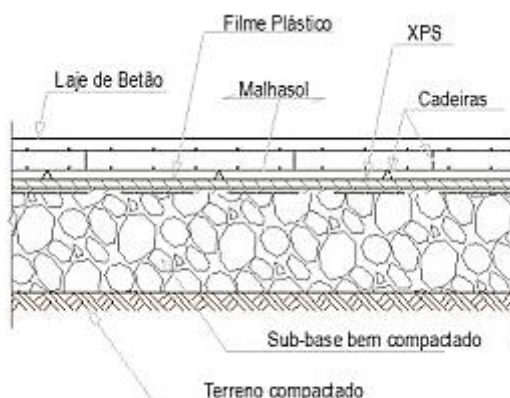


Figura 20 – Pavimento em contato com solo [26]

Vãos envidraçados

Os envidraçados são um elemento importante no desempenho energético de um edifício, deste modo, muitos são os fatores que devem ser tidos em consideração, como a área, a localização, o tipo de vidro, o tipo de caixilharia e a proteção solar. Todos estes fatores deverão ser alvo de grande reflexão para que se obtenham bons resultados de eficiência energética. A principal vantagem será a contribuição de entrada de calor e luz natural, no entanto, uma incorreta solução de envidraçado poderá resultar numa fonte de dissipação de calor ou de entrada excessiva de calor [19].

O primeiro ponto a ter em consideração será a área de envidraçado, em que se estima que, no caso do edifício se encontrar orientado de forma adequada, a fachada a sul deverá ter uma área de envidraçado aproximadamente, de 40% da fachada, além disso, ter em atenção a área de envidraçado em comparação com a área do compartimento. De salientar que, se a área de envidraçado a sul, for superior a 50% da superfície total da fachada, não existiriam grandes vantagens nos ganhos no inverno e no verão haveria ganhos de calor em excesso [19].

Segundo ponto a ter em atenção será janelas voltadas a Este e a Oeste, uma vez que o seu contributo no inverno é pouco significativo, mas no verão, a sua contribuição é considerável, para o sobreaquecimento do espaço. Realçamos que, não deverá reduzir drasticamente a área de envidraçado, mas estabelecer um equilíbrio para obter bons ganhos no inverno, e no verão e com o auxílio de proteções solares, não permitir o sobreaquecimento [19].

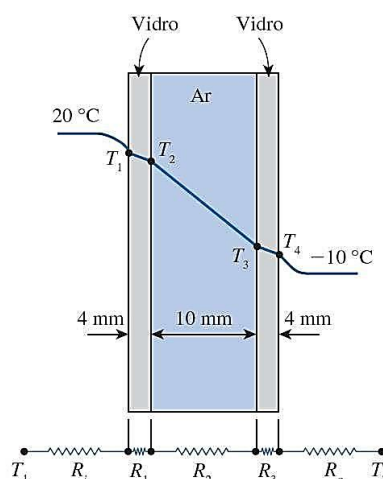


Figura 21 – Perfil térmico de um envidraçado [22]

A Figura 21, demonstra de forma ilustrativa, como ocorre o processo de transmissão de calor, ao longo do envidraçado, e as diferenças de temperatura entre o interior e o exterior.

- Sistemas eficientes

Iluminação

O sistema de iluminação é uma das principais fontes de consumo de energia numa habitação e, caso não haja cuidados na sua utilização, poderá atingir valores consideráveis a nível de gastos. Perante isto, é importante pensar em medidas inteligentes para reduzir o consumo de energia proveniente da iluminação. Ou seja, a quantidade de luz inserida num compartimento será pensada conforme a dimensão, tipo de utilização e número de janelas presentes.

As lâmpadas incandescentes, no mercado, ainda representam um custo baixo para a sua aquisição, mas apresentam uma durabilidade muito baixa (aproximadamente 1000 horas) e representam um grande

consumo energético. No sentido inverso, as lâmpadas de baixo consumo, têm um custo de mercado superior, mas a sua durabilidade rondará entre 8000/10000 horas. Quando comparadas as lâmpadas ditas tradicionais e as lâmpadas de baixo consumo, estas últimas apresentam uma diferença de durabilidade de oito vezes mais, o que resulta numa poupança a longo prazo de 80% de energia. De salientar que esse tipo de lâmpadas de baixo consumo, não são aconselhadas em espaços em que o processo de acender e apagar a luz acontece com grande frequência, uma vez que afeta a sua durabilidade drasticamente [19].

Na Universidade de Cincinnati, de modo, a reduzir os consumos energéticos, através da iluminação dos espaços, desenvolveram um sistema interessante inovador de iluminação inteligente (*Smart Light*), que consiste em trazer a luz natural para compartimentos sem janelas. A tecnologia *Smart Light* poderá ser aplicada a todo o tipo de edifício (novo ou existente). O sistema faz uso de um fluido que adquire características especiais de transmissão ótica quando estimulado com pequenos impulsos elétricos, permitindo a condução da luz solar como se de uma lente ou prisma se tratasse. A luz solar é primariamente recolhida através de pequenos painéis solares localizados junto à zona superior das janelas dos compartimentos situados na periferia dos edifícios. Ao contrário dos típicos painéis solares convencionais, os painéis referidos são constituídos por células que contêm um fluido com características óticas que permite a recolha e transmissão da luz solar. De seguida, a luz é encaminhada através de dispositivos transmissores, que utilizam o mesmo tipo de fluido com características óticas até aos compartimentos interiores. Num modo genérico, a funcionalidade deste sistema, consiste em transportar a luz solar para o interior dos compartimentos, reduzindo o consumo de energia através de iluminação artificial [19].

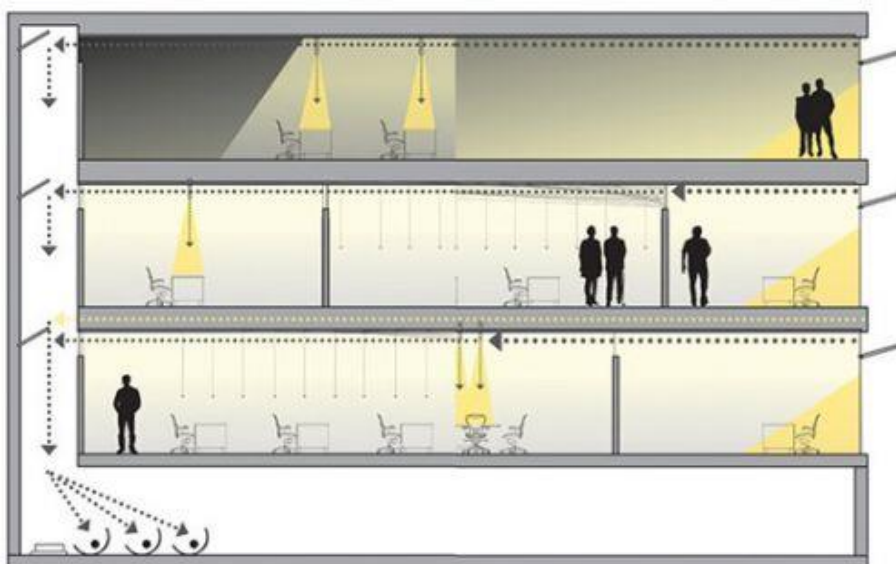


Figura 22 - Sistema *Smart Light* [27]

Sistemas / Equipamentos

Para redução dos consumos de energia, também deveremos ter em consideração os equipamentos existentes na habitação, ou seja, possuir equipamentos com etiquetas energéticas de A, A+ ou A++, pois são mais eficientes e ao longo do seu tempo de utilização terão resultados significativos de poupança energética, no entanto, não devem ser escolhidos aparelhos com potências demasiado elevadas, isto é, sobredimensionados [19].

Face ao exposto é importante que os utilizadores façam um uso adequado dos equipamentos de forma a prolongar o seu tempo de vida útil e que tenham o cuidado de os desligar sempre que não se encontrem em utilização. É de salientar que uma casa com elevado número de eletrodomésticos poderá resultar em valores de gastos energéticos de 50% de energia total consumida [19].

O projeto “Zebra 2020” teve como principal objetivo monitorizar a aceitação pelo mercado dos nZEB em toda a Europa e fornecer dados e recomendações sobre a forma de alcançar a norma nZEB. Assim sendo, relativamente aos equipamentos, segue-se um quadro com as soluções utilizadas e aconselhadas para edifícios nZEB nos casos já realizados, segundo o projeto em questão [19]:

Tabela 15 - Soluções recomendadas para os NZEB [19]

Tipo de clima	Setor	Soluções Recomendada
Climas Frios	Ventilação	Ventilação mecânica com recuperação de calor de, pelo menos, 85%
	Aquecimento Ambiente	Bomba de calor ou <i>District Heating</i> , quando disponível
	Produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS)	Idêntico ao Aquecimento Ambiente
Climas Quentes	Ventilação	Ventilação mecânica com recuperação de calor de, pelo menos, 85%
	Aquecimento Ambiente	Bomba de calor
	Produção de águas Quentes Sanitárias (AQS)	Sistema solar forçado com apoio do sistema de aquecimento ambiente
	Arrefecimento Ambiente	Bomba de calor

2.7.2 Estratégias (Sistema passivo)

Os sistemas passivos pretendem atingir o conforto, reduzindo-se todos os encargos financeiros possíveis na necessidade de utilização de meios mecânicos (por exemplo, de iluminação, aquecimento e arrefecimento). É de salientar que o termo conforto, quando aplicado aos seres humanos, é alvo de muita subjetividade, uma vez que, o que conforta e proporciona comodidade e bem-estar a um indivíduo, pode não proporcionar a outro [28][29].

No decorrer da dissertação, será estudado o conforto térmico. A maior fonte de energia natural, o sol, deve ser aproveitada ao máximo para potencializar a climatização do edifício. Realçamos que a nível construtivo, existem dois grandes sistemas construtivos:

- **Sistema solar passivo:** Caracteriza-se pela utilização de meios naturais para a realização de trocas de energia para arrefecimento ou aquecimento de um espaço;
- **Sistema solar ativo:** Está associada à necessidade de recorrer a uma fonte de energia não natural de modo a obter as condições de conforto para o edifício.

O quadro que se segue sintetiza a classificação dos sistemas de climatização nas edificações em função dos tipos de aproveitamento energético:

Tabela 16 - Classificação dos sistemas de climatização do edifício em função dos tipos de aproveitamento energético [28]

Sistemas de Climatização	Sistemas Passivos	Sistemas de Aquecimento Passivos
		Sistemas de Arrefecimento Passivos
	Sistemas Ativos	Sistemas de Aquecimento Ativos
		Sistemas de Arrefecimento Ativos

Os sistemas passivos dividem-se em diretos, indiretos e isolados.

Os sistemas passivos diretos são os que captam a radiação solar diretamente para o interior do edifício com recurso a vãos envidraçados (Figura 23).



Figura 23 - Sistema passivos de aquecimento por ganho direto [30]

Relativamente aos sistemas passivos indiretos, estes consistem na captação da radiação solar de forma indireta, realizando-se com recurso a elementos coletores, tais como o betão, o tijolo, a pedra ou a água, que armazenam o calor durante o período de exposição solar e libertam-no para o espaço interior durante o período noturno.

Na Figura 24 que se segue demonstra de forma ilustrativa alguns exemplos de sistemas passivos indiretos.

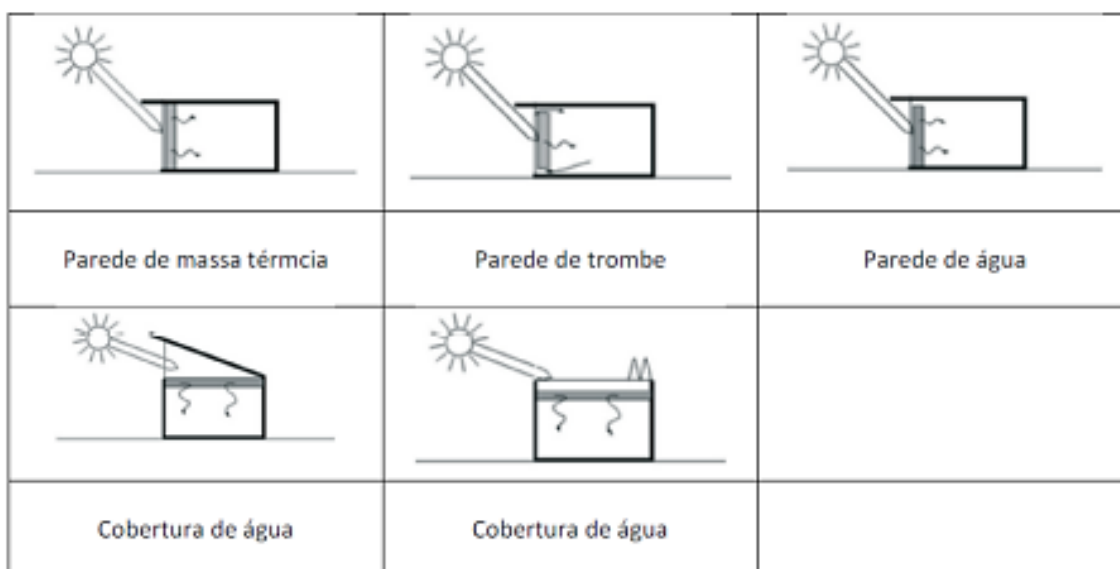


Figura 24 - Sistema passivos de aquecimento por ganho indireto [30]

Por fim, os sistemas passivos isolados são uma combinação dos sistemas diretos e dos indiretos. Por norma os sistemas isolados são chamados de estufas. A radiação solar é captada no espaço da estufa (ganho direto) e é conduzido para o interior da habitação por efeito da circulação do ar, de forma forçada ou não forçada. Por outro lado, a radiação solar captada na estufa pode ser armazenada por exemplo, em caixas / reservatórios de água presentes na estufa, que mais tarde, no período noturno, o calor será libertado para interior do edifício (ganho indireto) [28].

A Figura 25 demonstra três bons exemplos de sistemas passivos isolados:



Figura 25 - Sistema passivos de aquecimento por ganho isolado [30]

2.7.2.1 Sistemas de Aquecimento Passivo nos Edifícios

Os sistemas de aquecimento passivo nos edifícios são caracterizados como elementos que pertencem à estrutura construtiva do edificado e que desempenham um papel fundamental de coletores solares e acumuladores de energia solar. São de extrema utilidade uma vez que, *à posteriori*, desempenham a função de agentes distribuidores de energia por processos de transferência.

No seguimento do presente capítulo, serão abordados os sistemas de aquecimento passivos mais utilizados nas construções. Entre eles figuram: a cobertura captadora, a parede de trombe e as estufas anexas. [28]

1. Cobertura captadora

A cobertura captadora consiste na colocação de uma massa de água exposta à radiação solar sobre a cobertura, em que absorve e armazena o calor proveniente da incidência da radiação (Figura 26). [28]

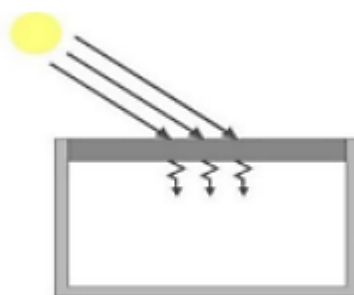


Figura 26 - Cobertura de água [30]

2. Parede de Trombe

As paredes de trombe consistem em paredes interiores maciças de espessura variável (entre 10 e os 30 cm espessura) de cores escuras para aumentar a captação da radiação solar incidente. Cria-se um efeito de estufa (30 e 60 °C) no espaço entre a parede e o envidraçado. São capazes de armazenar a energia durante o período diurno e de transmitir para o interior da habitação durante a noite. [28]

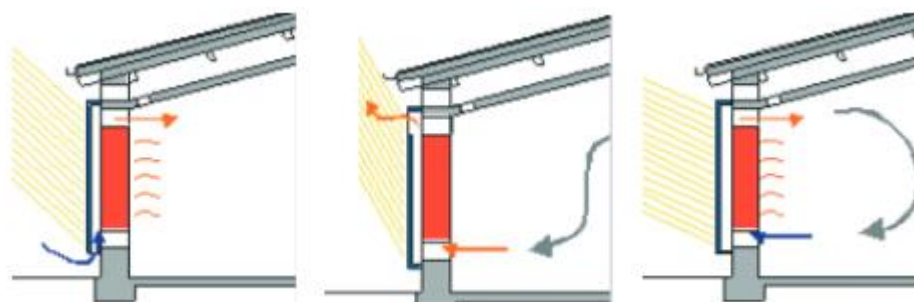


Figura 27 - Diferentes tipos de transmissão de calor numa parede de trombe [28]

3. Estufa anexa

As estufas anexas são espaços incorporados nas envolventes dos edifícios, onde geralmente apresentam ligações diretas aos espaços habitáveis. O seu principal constituinte é o vidro, que contribui para o efeito estufa, ou seja, deixa-se atravessar pela radiação solar, aumentando a temperatura no seu interior. As estufas contêm ainda uma massa acumuladora térmica, em geral o pavimento e a parede contígua ao compartimento que se pretende aquecer [28].

A Figura 28, demonstra de uma forma ilustrativa o funcionamento de um estufa anexa.

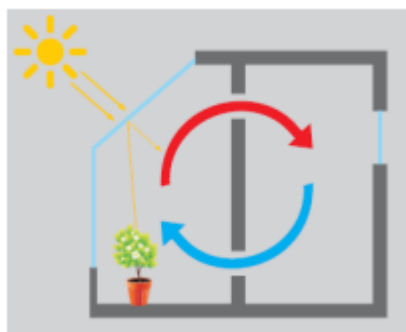


Figura 28 - Funcionamento esquemático de um estufa anexa [28]

Existem dois tipos de estufas anexas, ou seja, poderá ser uma estufa adossada ou uma estufa integrada (Figura 29).

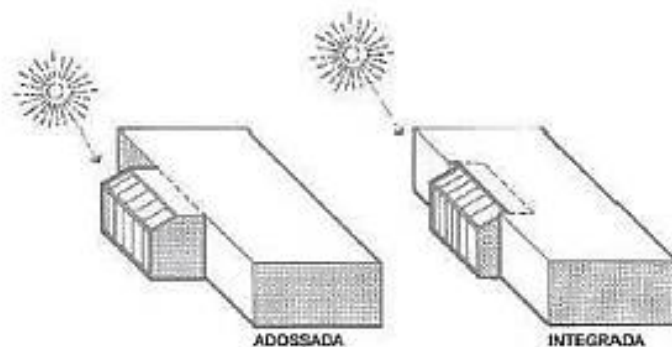


Figura 29 - Tipos de disposição das estufas anexas [30]

2.7.2.2 Sistemas de arrefecimento passivo nos edifícios

No presente subcapítulo, iremos abordar os sistemas de arrefecimento passivos mais utilizados nos edifícios. Neles figuram os sistemas: palas, parede verde, o espaço de transição orientado, a climatização e o arrefecimento evaporativo.

1. Palas

As palas têm grande utilidade e são soluções construtivas muito eficazes. Este sistema poderá ser através de aplicação de palas horizontais sobre os vãos envidraçados ou palas verticais colocadas nas laterais do envidraçados. Os sombreamentos horizontais são extremamente eficientes na proteção dos envidraçados da fachada a sul devido ao elevado ângulo de incidência da radiação solar e as palas verticais são mais uteis, até certo ponto, em fachadas a Este ou Oeste uma vez que a posição do sol é mais baixa. Existem também diferentes possibilidades de combinação de palas horizontais com palas verticais, com diferentes geometrias e diferente posicionamentos relativamente ao vão envidraçado [19].

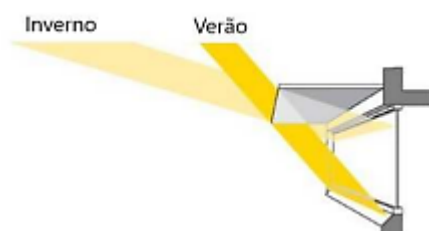


Figura 30 - Esquema da incidência solar protegida pela pala horizontal [19]

2. Parede verde

A proteção solar através do sombreamento, com auxílio da vegetação é cada vez mais usual. As árvores e a vegetação em geral podem ter um papel muito importante na eficiência energética e no conforto que garantem a um edifício. Além da sua capacidade de libertar vapor (evapotranspiração) o que permite a redução da temperatura envolvente de um edifício, podem ainda influenciar como barreiras de obstrução à radiação solar durante o Verão ou permitir a passagem de radiação no Inverno (Vegetação com folha caduca –Figura 31) [28] [19]

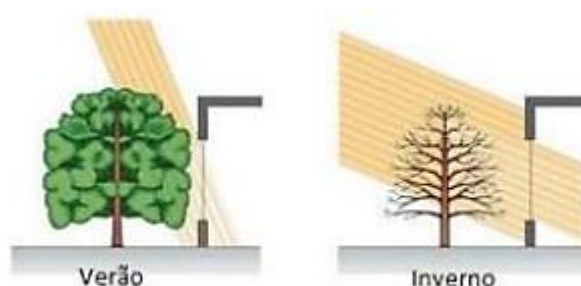


Figura 31 - Sombreamento recorrendo a elementos naturais [19]

3. Espaço de transição Orientado

Os espaços de transição orientados são basicamente as varandas, os alpendres e as galerias. Estes espaços são estrategicamente incorporados na envolvente de forma a exercerem a sua principal função: a transição suave entre o ambiente exterior e interior. Além desta transição apresentam outra grande função, a de proteção contra ventos e chuvas e de arrefecimento nos edifícios. Os espaços de transição orientados a sul, além das vantagens indicadas acima, funcionam de maneira semelhante às palas horizontais. Durante o verão proporciona sombreamento e durante o inverno, com o sol a apresentar ângulos de incidência mais baixos, permitem que os raios solares incidam nos envidraçados e paredes [28].



Figura 32 - Exemplos de espaços de transição [31]

Independentemente da cota da sua implantação, os espaços orientados têm uma função vital para o comportamento térmico do edifício: a atenuação das diferenças climáticas, sendo bons moderadores das diferenças de temperatura entre o exterior e o interior da habitação.

4. Arrefecimento Evaporativo

Por fim, a seguinte estratégia não é mais comum, mas também é uma solução viável de utilizar, onde se recorre à mudança de estado da água, do líquido para o gasoso, para diminuir a temperatura de uma habitação. Quando este decréscimo é associado a um aumento do vapor de água denomina-se de arrefecimento evaporativo direto.

Existem duas formas de aplicar este método, uma técnica passiva direta onde se recorre à vegetação promovendo a evapotranspiração ou a fontes, piscinas e lagos artificiais. Todavia, existe, ainda, uma forma de arrefecimento evaporativo, onde se realiza a injeção de água sob forma de gotas no ar exterior o que permitirá arrefecer o ambiente exterior do edifício e, por consequência, ao ar que entrará no seu interior [19].

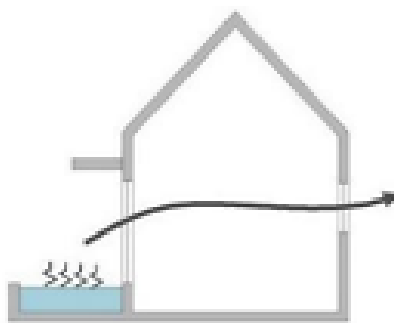


Figura 33 - Corte esquemático de arrefecimento por evaporação de água Caracterização de tecnologias de produção de energia [19]

2.7.3 Caracterização de tecnologias de produção de energia

O sul de Europa, incluindo Portugal, apresenta condições ótimas no que diz respeito à exposição solar (quantidade de energia por radiação solar recebida), o que faz com que desperte a necessidade de a utilizar da melhor forma.

No caso particular de Portugal é, de facto, um dos países europeus com mais capacidade para aproveitar este recurso, com uma radiação solar que ronda os 14 a 17 MJ/m²/dia. [19]

Para além do aproveitamento da iluminação natural e do aquecimento que a radiação permite, esta fonte poderá funcionar como um sistema de gerador de energia para as habitações.

2.7.3.1 Energia solar térmica

Existem diferentes formas de conjugar os componentes de um sistema solar térmico. Os sistemas podem ser diretos ou indiretos consoante o circuito é aberto ou fechado, e podem, ainda, ser passivos ou ativos, caso em que existe um meio mecânico auxiliar para efetuar a circulação.

– Sistema Direto ou Indireto por termossifão

Os sistemas de circulação em termossifão assentam no princípio em que o mesmo fluido a temperaturas diferentes tem densidades diferentes, aumentando a densidade com a diminuição da temperatura. Um fluido a diferentes temperaturas tende a estratificar por densidades, ficando o mais quente na parte superior (menor densidade). O fluido quente ao subir vai entrar no depósito de acumulação onde vai arrefecer por permutação de calor com a água fria. Ao arrefecer vai voltar ao coletor solar para voltar a ser aquecido, processando-se assim o ciclo de funcionamento. Para que o sistema funcione de forma adequada o depósito deve ficar localizado acima do coletor solar. O sistema direto tende a entrar em desuso devido às incrustações provocadas pela água. [32]

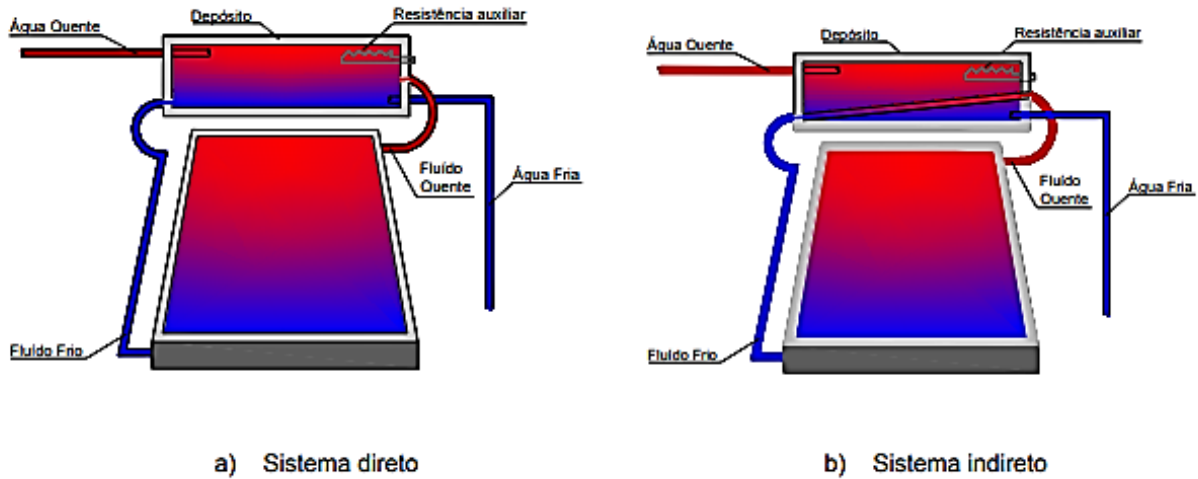


Figura 34 - Sistema termossifão [32]

– **Sistema indireto por circulação forçada**

O sistema de circulação forçada é utilizado nas situações em que não é viável a colocação de depósitos acima dos coletores e para grandes sistemas onde o termossifão não é suficiente. É necessário utilizar bombas eletrocirculadoras para movimentar o fluido térmico. A bomba poderá ser comandada por um sistema de controlo automático (Controlo Diferencial). Este é regulado de forma a pôr a bomba a funcionar quando a diferença entre o coletor e o depósito for de 4°C. [32]

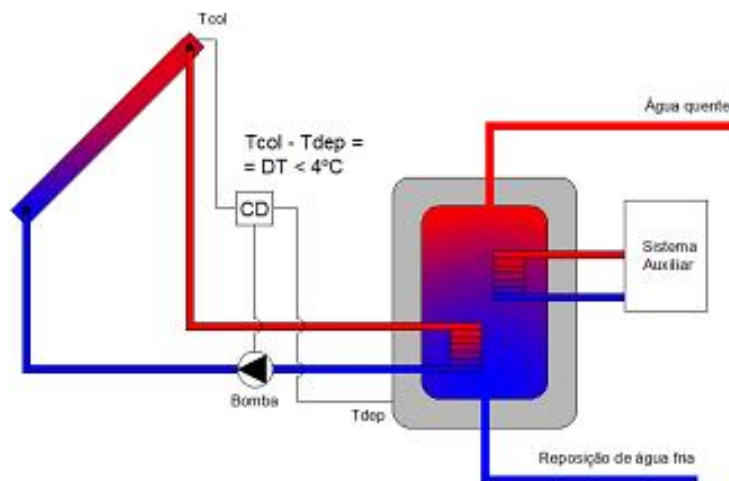


Figura 35 - Sistema circulação forçada [32]

No quadro que se segue, são apresentadas as várias vantagens e desvantagens, na aplicação dos sistemas de circulação forçada e natural (termossifão) (Tabela 17).

Tabela 17 – Vantagens e Desvantagens dos dois Sistemas de Circulação [32]

Sistema circulação	Vantagens	Desvantagens
Termossifão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não necessita de energia elétrica ▪ Simples e de baixo custo ▪ Ocupa pouco espaço ▪ Utilizado mais frequente em sistemas unifamiliares de baixo potência e em zonas de baixo risco de congelamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificuldade de circulação em sistemas de media dimensão; ▪ Não permite a regulação da temperatura do depósito;
Circulação Forçada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilização de depósito de armazenamento na vertical, aproveitamento o efeito da estratificação; ▪ Permite a regulação da temperatura no sistema mediante a ação da eletrobomba circuladora 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necessidade de energia elétrica; ▪ Exige um maior custo; ▪ Sistema mais complexo;

2.7.3.2 Energia Fotovoltaica

Através de painéis fotovoltaicos é possível converter a energia solar em energia elétrica, assim sendo é um ponto importante na redução dos consumos de energia á rede, permitindo que próprio edifício se autossustente.



Figura 36 - Painéis fotovoltaicos [33]

Os painéis fotovoltaicos são constituídos por células fotovoltaicas e por norma, é utilizado um material semiconductor em silício monocristalino. O seu desempenho é totalmente dependente de fatores, como por exemplo, luz solar disponível e inclinação dos módulos [32].

Como já foi referido anteriormente, Portugal apresenta excelentes características para o bom aproveitamento da radiação solar para produção de energia, mas a incapacidade económica da população dificulta na aposta mais assertiva neste sistema [32].

2.8 CLASSE ENERGÉTICA

A obtenção da classe energética é feita com recurso ao cálculo de um rácio entre o valor das necessidades nominais globais de energia primaria (N_{tc}) e o valor limite regulamentar para as necessidades de energia primaria (N_t), o qual pode ser observado na seguinte expressão [25]:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$$

Após o cálculo é necessário consultar a imagem a seguir apresentada para obtenção da letra que representa a classe energética, sendo que quanto menor for o valor do rácio, melhor será a classe energética.

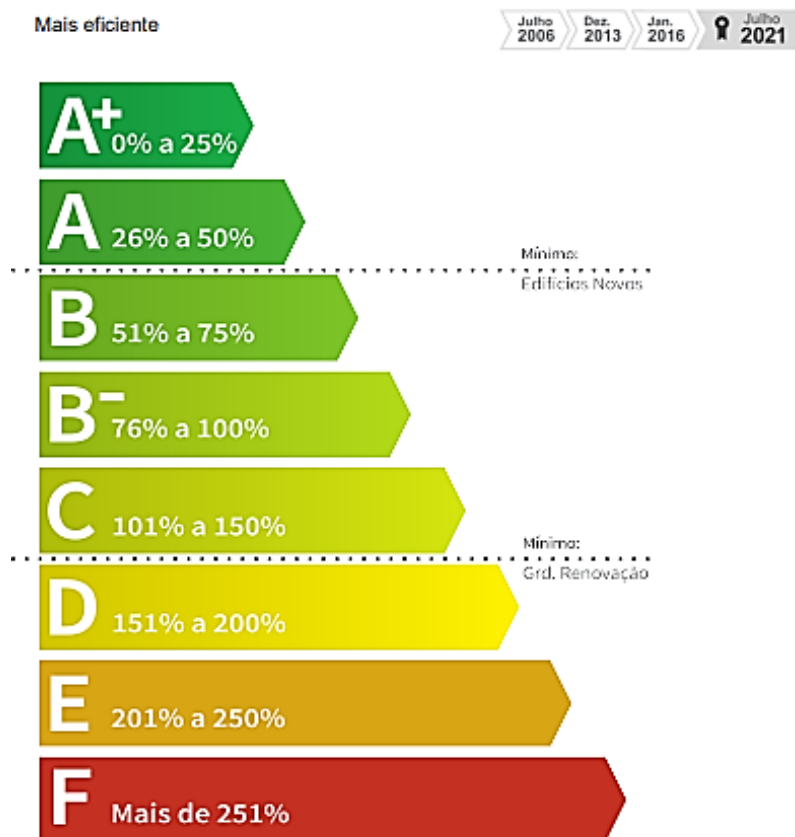


Figura 37 - Classificação energética [34]

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO

3.1 OBJETO DE ESTUDO – CARATERIZAÇÃO DO EXISTENTE

Neste capítulo será abordada toda a informação existente relativamente ao edifício objeto de estudo, ao nível de características e particularidades que a mesma apresenta.

O caso de estudo a intervir trata-se de um edifício em regime de propriedade horizontal, datado de 1984, que se encontra inscrito na matriz predial urbana da freguesia Oliveira do Douro, com o nº 33, com uma área de implantação de 225 m², o mesmo é constituído por cinco pisos (cave, r/chão e três andares), tendo oito frações para habitação, estando a uma distância inferior a 1km de um curso de água (Rio Douro)



Figura 38 – Edifício de Estudo

A fachada do edifício em estudo encontra-se praticamente revestida a ladrilhos em pastilha, com tons brancos e esverdeado. Sendo que a fachada que se encontra direcionada a Norte é onde se situam as marquises e Sul os quartos de todas as frações. A Oeste situa-se a sala e os quartos.

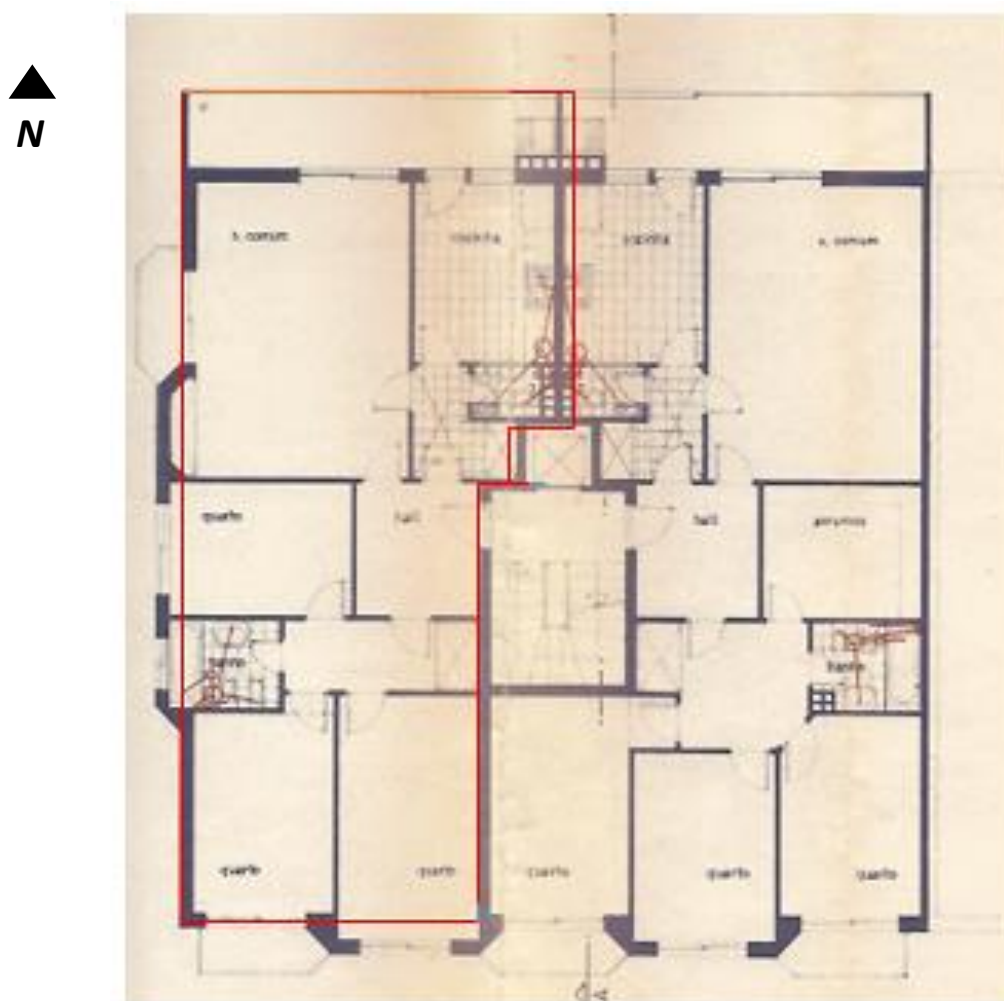


Figura 41 - Planta do edifício (Identificação da fração de referência)

3.1.1 Zona Climática

Como anteriormente referido, o edifício em estudo, encontra-se inserido na zona urbana de Vila Nova de Gaia, aproximadamente a 6km da costa e a uma altitude de 94 m.

Para se proceder à determinação das zonas climáticas onde o edifício está inserido é necessária a determinação dos graus dia (GD) e a temperatura ambiente exterior (θ_{ext}) do local.

Estando o edifício, inserido na zona do “Grande Porto” e através da consulta da seguinte tabela retira-se o valor GD:

Tabela 18 - Valores de referência e declive para ajustes em altitude para a estação de aquecimento [17]

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G _{sol} kWh/m ² por mês
	REF m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	REF °C	a °C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	7,8	-5	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	6,3	-4	135

De acordo, com a consulta efetuada na tabela mencionada acima, é possível efetuar o cálculo do GD através da seguinte expressão:

$$GD = 1250 + 1600 \times (94 - 94) = 1250$$

Na tabela que se segue, com os dados obtidos anteriormente, GD, conferiu-se a zona climática de inverno à qual o edifício está sujeito:

Tabela 19 - Critérios de definição da zona climática de inverno [17]

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

Perante o cálculo do GD, a zona climática no inverno que se encontra inserida o edifício, corresponde ao tipo I1.

Relativamente à estação de arrefecimento é necessário consultar a Tabela 20, a seguir representada:

Tabela 20 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

[17]

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		I_{sol}								
		REF °C	α °C/km	kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Lamega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Consultando a tabela, determina-se o valor de $\theta_{ext,v}$ com a seguinte expressão:

$$\theta_{ext,v} = 20,9 + 0 \times (94 - 94) = 20,9 \text{ °C}$$

Após finalizado o cálculo, procedeu-se à análise da tabela abaixo representada, onde se pode verificar que o edifício se encontra numa zona climática de verão do tipo V2.

Tabela 21 - Critérios de definição da zona climática de verão [17]

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20\text{°C}$	$20\text{°C} < \theta_{ext,v} \leq 22\text{°C}$	$\theta_{ext,v} > 22\text{°C}$
Zona	V1	V2	V3

3.1.2 Caracterização da envolvente

A marcação das envolventes é um aspeto de extrema importância na classificação energética e é efetuada com o auxílio de várias cores como se pode observar na Tabela 22:

- Vermelho - Envolvente em contato direto com o exterior,
- Azul - Envolvente em contato com os espaços não uteis com zonas com coeficiente de redução de perdas superior a 0,7,
- Amarelo - Envolvente em contato com os espaços não uteis com zonas com coeficiente de redução de perdas igual ou inferior 0,7,
- Verde - Envolventes sem requisitos como é caso de envolventes em contato com o solo ou com frações adjacentes.

Tabela 22 - Cores para marcação da envolvente

Código de cores (RGB)	Condições fronteira
 Vermelho	Exterior
 Amarelo	Interior com $B_{ztu} > 0,7$
 Azul	Interior com $B_{ztu} \leq 0,7$
 Verde	Sem trocas térmicas

Relativamente à cobertura e ao pavimento das frações de estudo, são efetuadas pelas mesmas cores referidas anteriormente, mas tendo só a particularidade ao nível de desenho e a sua marcação é diferente (Figura 42).

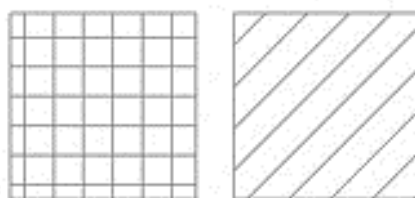


Figura 42 - Marcação de pavimento e coberturas, respetivamente [24]

De seguinte procedeu-se ao cálculo dos “Btr” dos espaços não uteis, o qual pode ser observado na seguinte tabela:

Tabela 23 – Obtenção do btr dos espaços não uteis

ENU	A_i	A_u	A_i/A_u	A_i/A_u	Volume ENU	Volume ENU	Ventilação	btr
Zona de circulação comum	10,15	0	∞	$A_i/A_u \geq 4,0$	149,14	$50\text{m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{m}^3$	Fraca	0,8
Caixa de elevador	4,75	0	∞	$A_i/A_u \geq 4,0$	39,3	$V_{enu} \leq 50 \text{m}^3$	Fraca	0,8
Marquise	19,57	23,70	0,82	$0,5 < A_i/A_u \leq 1,0$	19,84	$V_{enu} \leq 50 \text{m}^3$	Forte	0,9

Realçamos que a fração base corresponde a uma fração intermedia, ou seja, contem frações vizinhas na cota inferior e na cota superior, ou seja, não serão consideradas trocas térmicas ao nível de pavimento e de teto.

Na figura que se segue poderá visualizar as marcações das envolventes, de acordo com requisitos estipulados.

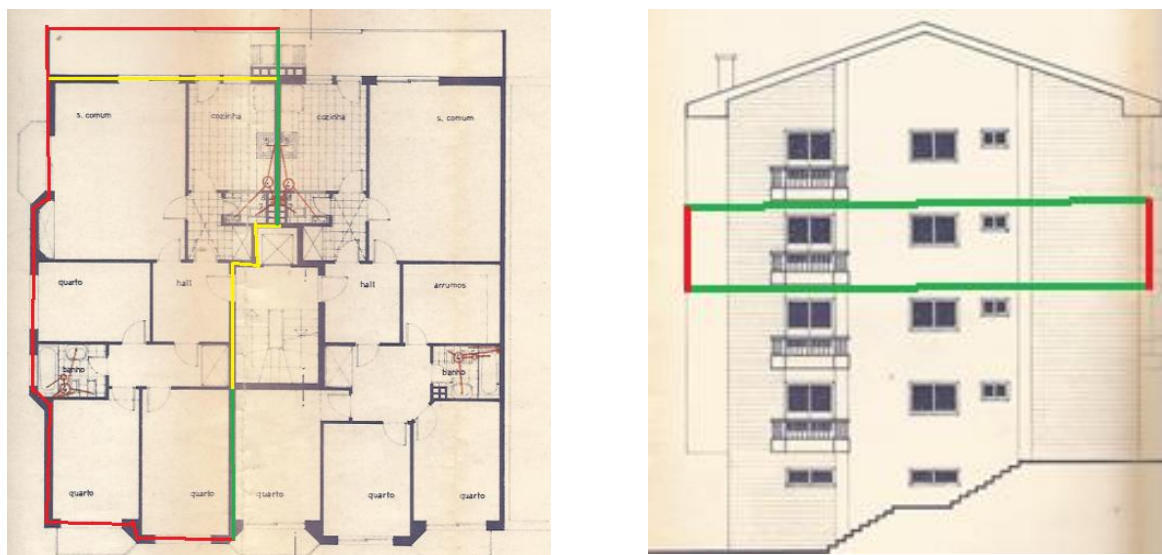


Figura 43 - Planta com a marcação das envolventes

3.1.3 Análise comparativa dos requisitos mínimos de qualidade das envolventes

3.1.3.1 Envolvente opaca exterior

– Parede Exterior

Relativamente às paredes exteriores do edifício, voltadas a Sul e a Oeste, são constituídas por paredes duplas em alvenaria de tijolo 15 e de 11, com reboco de espessura 0,015 m, na face interior e 0,03 m na face exterior, tendo um revestimento de 0,01 m de ladrilhos em pastilha.

Perante os materiais constituintes da parede exterior (reboco, tijolo, reboco e ladrilhos), o coeficiente térmico da parede de fachada é $0,81 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Tabela 24 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [$\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]	Rj ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$)
Resistência superficial exterior	--	--	0,04
Ladrilho em pastilha	0,01	--	0,024

Reboco	0,03	--	0,023
Caixa de ar	0,05	--	0,18
Parede dupla (15 e 11)	--	--	0,84
Reboco	0,015	--	0,012
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	1,24		
Coeficiente de transmissão térmica – U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,81		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,50		

Envolvente opaca exterior: $0,86 W/m^2 \cdot ^\circ C > 0,50 W/m^2 \cdot ^\circ C$ —————> **Não Verifica**

– Parede exterior (Marquise)

De salientar que a fachada, direcionada a Norte, e considerada a face traseira do edifício, onde se localizam as marquises de cada fração, ou seja, as paredes são menos espessas que as restantes paredes exteriores. A parede da marquise é constituída por um revestimento em ladrilho em pastilha 0,01 m, com a reboco 0,03 na face exterior e 0,015 na parte interior. Ao nível da dimensão de tijolo é o mesmo e é constituído por uma só fiada de alvenaria de tijolo de 15.

Face aos materiais constituintes da parede exterior (Marquise) (reboco, tijolo, reboco e ladrilhos), o coeficiente térmico da parede de fachada é $2,04 W/m^2 \cdot ^\circ C$.

Tabela 25 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior (Marquise)

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial exterior	--	--	0,04
Ladrilho em pastilha	0,01	--	0,024
Reboco	0,03	--	0,023
Parede dupla (15)	--	--	0,39
Reboco	0,015	--	0,012
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} (m ² .°C/W)	0,62		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m ² .°C]	1,62		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m ² .°C]	0,50		

Envolvente opaca exterior (Varanda): 1,62 W/m².°C > 0,50 W/m².°C → **Não Verifica**

– Pavimento em contato com a Garagem

De salientar que o pavimento das frações do R/C, não se encontra em contacto direto com o exterior, mas com um espaço fortemente ventilado, que é a garagem, por isso, serão analisados os requisitos mínimos do mesmo.

O pavimento em contato com a garagem é constituído por uma laje aligeirada em bloco cerâmico, com espessura aproximada de 0,25 m, com espessura de reboco de 0,02 e 0,015 na face em contato com a garagem e no interior da habitação. No interior da fração, o pavimento encontra-se revestido a cerâmico e a madeira, mas para efeitos e análise serão considerados os compartimentos em madeira, ou seja, os quartos, com espessura aproximada de 0,02 cm.

Tabela 26 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Ascendente)

Envoltente opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Ascendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,10
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,27
Reboco	0,015	--	0,012
Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,10
Resistência térmica total – R_{total} (m².°C/W)	0,627		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m².°C]	1,59		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m².°C]	0,50		

Envoltente opaca em contato com espaço fortemente ventilado: 1,59 W/m².°C > 0,50 W/m².°C

↓
Não Verifica

Tabela 27 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Descendente)

Envoltente opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Descendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,17
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,30
Reboco	0,015	--	0,012

Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,17
Resistência térmica total – R_{total} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	0,797		
Coeficiente de transmissão térmica – U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	1,25		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,50		

Envolvente opaca em contato com espaço fortemente ventilado: $1,25 W/m^2 \cdot ^\circ C > 0,50 W/m^2 \cdot ^\circ C$

↓
Não Verifica

3.1.3.2 Cobertura

A cobertura está executada pelo sistema tradicional de telha, ripas e varas apoiadas em madres que, por sua vez, apoiam-se nas paredes de alvenaria.

Face à tipologia do edifício em estudo, e de acordo com ITE 50, perante a ausência de isolamento térmico, junto as telhas ou na laje de cobertura, faz com que coeficiente de transmissão térmica da cobertura no sentido ascendente seja $1,70 W/m^2 \cdot ^\circ C$ e no sentido descendente $1,30 W/m^2 \cdot ^\circ C$.

De acordo, com regulamento em vigor:

Cobertura – Ascendente: $1,70 W/m^2 \cdot ^\circ C > 0,50 W/m^2 \cdot ^\circ C$ → **Não Verifica**

Cobertura – Descendente: $1,30 W/m^2 \cdot ^\circ C > 0,50 W/m^2 \cdot ^\circ C$ → **Não Verifica**

3.1.3.3 Envolvente opaca interior

- Em contato caixa de escadas / Elevador

A parede interior que se encontra em contacto com a zona circundante comum (vão de escadas), é constituída por 0,02 cm de cerâmico e 0,02 de reboco, na face direccionada para vão de escadas, com uma fiada de tijolo de alvenaria 15 e 0,02 m de reboco, na face interior da habitação.

Tabela 28 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Caixa de escadas/elevador)

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,13
Ceramico	0,01	--	0,049
Reboco	0,02	--	0,015
Parede alvenaria simples de 15	--	--	0,39
Reboco	0,02	--	0,015
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R _{total} (m ² .°C/W)	0,729		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m ² .°C]	1,37		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U _{max} [W/m ² .°C]	0,50		

Envolvente opaca interior (vão de escadas / elevador): 1,37 W/m².°C > 0,50 W/m².°C



Não Verifica

– Pavimento / teto em contato frações vizinhas

A constituição do pavimento / teto que se encontra em contato com as frações inferiores e superiores, não se torna muito diferente da constituição do pavimento em contato com a garagem, tendo só a particularidade ao nível de acabamento, ou seja, o teto da fração em estudo e na fração inferior, apresentam acabamento em gesso com espessura de 0,02 m.

Com esse acabamento, teremos um coeficiente de transmissão térmica de 1,47 W/m².°C e 1,22 W/m².°C, no sentido ascendente e descendente.

Tabela 29 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Pavimento/Teto) (Ascendente)

Envoltivo opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Ascendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,10
Gesso / Estuque	0,02	--	0,05
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,27
Reboco	0,015	--	0,012
Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,10
Resistência térmica total – R_{total} (m².°C/W)	0,677		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m².°C]	1,47		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m².°C]	n/a		

Tabela 30 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Pavimento/Teto) (Descendente)

Envoltivo opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Descendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,17
Gesso / Estuque	0,02	--	0,05
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,27
Reboco	0,015	--	0,012
Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,17

Resistência térmica total – R_{total} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	0,817
Coeficiente de transmissão térmica – U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	1,22
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	n/a

3.1.3.4 Envidraçados

Os envidraçados existentes são do típico envidraçado tradicional da altura (Anos 80), de caixilharia em alumínio, mas com vidro simples (vidro *float*), como podemos observar na Figura 44.

Relativamente à caixa de estores, a sua constituição é a simples, com abertura, onde se encontra o mecanismo do estore, não possuindo isolamento térmico.

Perante os elementos constituintes do envidraçado, este é constituído por um vidro simples, com dispositivo de oclusão noturna com uma permeabilidade ao ar baixa, sendo caixilharia de correr, o seu coeficiente de transmissão térmica pode ser admitido, com base no ITE 50, de 4,1 $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

De acordo, com regulamento em vigor:

Parede Exterior: $4,1 W/m^2 \cdot ^\circ C > 2,80 W/m^2 \cdot ^\circ C$ —————> **Não Verifica**



Figura 44 - Envidraçado do edifício em estudo

3.1.3.5 Fator Solar

Na Erro! A origem da referência não foi encontrada., que se segue, é possível ver a relação entre as áreas de envidraçados e áreas de pavimento:

Tabela 31 - Relação entre as áreas de envidraçados e áreas de pavimento

Envidraçados			Pavimento			Observações
Solução	Áreas (m ²)	Orientação	Áreas (m ²)	5%* Área (m ²)	15%* Área (m ²)	
VE1	2,73	N	9,34	0,47	1,40	Isentos
VE2	4,09	N	26,92	1,35	4,04	Isentos
VE3	3,57	O	26,92	1,35	4,04	≤ 15% A _{pav}
VE4	2,02	O	8,34	0,42	1,25	>15% A _{pav}
VE5	0,679	O	3,14	0,16	0,47	>15% A _{pav}
VE6	3,84	S	12,50	0,63	1,88	>15% A _{pav}
VE7	1,94	S	13,00	0,65	1,95	≤ 15% A _{pav}

Visto que o edifício se encontra numa zona climática do tipo V2 e possui uma inercia térmica forte ($I_t = 458,10$), através da consulta dos valores de fator solar (máximos admissíveis), pode-se concluir que o fator solar máximo assume um valor de 0,56.

De seguida, ira-se proceder à análise dos ângulos formados pelas palas horizontais existentes no local:

Tabela 32 - Determinação dos ângulos formados por palas horizontais e verticais

Vão envidraçado	Orientação	α_h (°)	α (°)	B _{esq}	B _{dir}	U _{wdn} [W/(m.°C)]	U _{ref} [W/(m.°C)]
VE1	N	--	--	--	--	--	--
VE2	N	--	--	--	--	--	--
VE3	O	0	32	0	0	2,10	2,80
VE4	O	0	0	0	0	2,10	2,80

VE5	O	0	0	0	0	2,10	2,80
VE6	S	0	32	0	0	2,10	2,80
VE7	S	0	0	0	0	2,10	2,80

Tabela 33 – Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento

Vão envidraçado	F _o			F _f		
	Aquecimento	Arrefecimento	Final	Aquecimento	Arrefecimento	Final
VE1	--	--	--	--	--	--
VE2	--	--	--	--	--	--
VE3	0,81	0,73	0,59	1	1	1
VE4	1	1	1	1	1	1
VE5	1	1	1	1	1	1
VE6	0,71	0,62	0,44	1	1	1
VE7	1	1	1	1	1	1

Determinados os fatores de sombreamento, procedeu-se à verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção solar 100% ativos.

Tabela 34 - Verificação do fator solar global dos vãos de envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos

Vão envidraçados	g _T	F _o	F _f	g _{Tmax}	Verificação
					$g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} * \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}}$ $g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax}$
VE1	--	--	--	--	--
VE2	--	--	--	--	--
VE3	0,10	0,59	1	0,56	0,059 ≤ 0,56

VE4	0,10	1	1	0,56	$0,1 \leq 0,35$
VE5	0,10	1	1	0,56	$0,1 \leq 0,39$
VE6	0,10	0,44	1	0,56	$0,04 \leq 0,27$
VE7	0,10	1	1	0,56	$0,1 \leq 0,56$

Conforme é possível observar na tabela anterior, ambos os envidraçados em estudo, verificam os requisitos mínimos regulamentares. De salientar que o sombreamento efetuado pelas varandas salientes, apresenta um grande auxílio na redução da incidência solar, principalmente no verão.

3.1.3.6 Preparação das águas quentes sanitárias

No edifício em estudo, o sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias, passa pela utilização de termoacumuladores elétricos ou por esquentadores, através do abastecimento por gás natural, sendo a utilização do termoacumulador elétrico o mais usual, como acontece na fração base definida.



Figura 45 - Termoacumulador elétrico (Esquerda) e Esquentador (Direita) [35], [36]

3.1.4 Determinação da classe energética

Através da folha de cálculo do Itecons, determinou-se as necessidades nominais energéticas da fração em estudo / fração base para determinar qual a sua classificação energética. Todos os cálculos efetuados, poderão ser visualizados na consulta do Anexo II.

Tabela 35 - Indicadores energéticos

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (KWh/m ² .ano)	93,29	54,69
Nvc (KWh/m ² .ano)	1,74	9,13
Qa (KWh/ano)	2 377	2 377
Ntc (KWhep/m ² .ano)	266,54	174,31

Perante os valores obtidos, procedeu-se ao cálculo do rácio entre o valor das necessidades nominais de energia primaria e o valor limite regulamentar para as necessidades de energia primaria:

$$R_{TN} = \frac{266,54}{174,31} = 1,53$$

Assim, concluiu-se que a fração base apresenta uma classe energética D dado que tem um rácio entre os 151 e os 200%, estando no patamar inferior ao **limite mínimo regulamentar** estabelecido para edifícios sujeitos a grandes intervenções (Figura 46).



Figura 46 - Classificação energética da fração base. [34]

3.2 APRESENTAÇÃO DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR

O edifício em estudo, é um edifício multifamiliar, constituído por 8 frações, sendo que a sua distribuição está feita por 4 pisos acima do solo, estando as garagens e os anexos parcialmente soterrados.

O edifício no seu todo apresenta várias debilidades ao nível de isolamentos térmicos e no aproveitamento energético, provocando que ambas as frações do edifício, sejam extremamente quentes no verão e extremamente frias no inverno.

A presente dissertação, pretende identificar e expor as fragilidades térmicas e energéticas e apresentar soluções concisas e fiáveis, para o melhoramento energético do edifício.

Os primeiros pontos as serem abordados, serão o melhoramento da fachada do edifício e na cobertura, que visivelmente apresentam grandes falhas e necessidades de manutenção, bem como o melhoramento dos envidraçados e toda a sua envolvente desde caixilharia e caixa de estores.

Posteriormente, sugerir a aplicação de novas soluções para aquecimento das águas sanitárias, através do aproveitamento da boa orientação do edifício.

3.2.1 Soluções para análise comparativa dos requisitos mínimos de qualidade das envoltentes

3.2.1.1 Envolvente opaca exterior

– Parede Exterior

As paredes exteriores apresentam na sua totalidade ladrilhos em pastilha, sendo que será aplicada um ETICS em toda fachada, para melhoramento térmico ao nível de transferências energia do exterior para o interior e das zonas não úteis para o interior.

Relativamente ao isolamento térmico, a solução ideal seria remoção de todo o revestimento em ladrilhos, para o bom funcionamento entre matérias, mas seria um trabalho mais demorado e oneroso, por isso será aplicado sobre o ladrilho.

A fachada apresenta várias fissuras e irregularidades, devido ao desgaste e movimentação / assentamentos a que o edifício e o terreno estão sujeitos, que serão devidamente reparadas, para aplicação do ETICS.

Ao nível térmico será realizado um melhoramento substancial, bem como ao nível estético, o melhoramento será considerável, dando um ar mais rejuvenescido e novo.

Perante a aplicação de ETICS, a fachada do edifício irá apresentar uma resistência térmica de 2,79 $W/m^2 \cdot ^\circ C$, superior à resistência que se encontra atualmente nos 1,17 $W/m^2 \cdot ^\circ C$, ou seja, o coeficiente de transmissão térmica será 0,37 $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

Tabela 36 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Rj ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
Resistência superficial exterior	--	--	0,04
Isolante térmico (EPS)	0,06	--	1,43
Ladrilho em pastilha	0,01	--	0,024
Reboco	0,03	--	0,023
Caixa de ar	0,05	--	0,18
Parede dupla (15 e 11)	--	--	0,84

Reboco	0,015	--	0,012
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	2,68		
Coeficiente de transmissão térmica – U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,37		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,50		

De acordo, com o regulamento em vigor:

$$\text{Parede Exterior: } 0,38 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C < 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \longrightarrow \text{Verifica}$$

De forma resumida, com a aplicação de ETICS na fachada do edifício resultará um melhoramento ao nível térmico de, aproximadamente, 56%.

– Parede Exterior (Marquise)

Tendo em conta, que em toda a fachada do edifício, haverá aplicação ETICS, o acréscimo ao nível de isolamento será similar à restante fachada.

Tabela 37 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede exterior (Marquise)

Envoltente opaca exterior	Espessura (m)	U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Rj ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
Resistência superficial exterior	--	--	0,04
Isolante térmico (EPS)	0,06	--	1,43
Ladrilho em pastilha	0,01	--	0,024
Reboco	0,03	--	0,023
Parede dupla (15)	--	--	0,39
Reboco	0,015	--	0,012
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	2,05		
Coeficiente de transmissão térmica – U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	0,49		

Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{\max} [W/m ² .°C]	0,50
--	------

Parede Exterior (Varanda): 0,49 W/m².°C < 0,50 W/m².°C → **Verifica**

– Pavimento em contato com Garagem

Relativamente ao pavimento das frações do R/C, que se encontram em contato com a garagem, a melhor solução a adotar será a aplicação de painéis de gesso cartonado com espessura 0,013 m, com uma lâ mineral de espessura 0,06m, na face em contato com o espaço que é fortemente ventilado, ou seja, o teto da garagem.

Tabela 38 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Ascendente)

Envoltente opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Ascendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,10
Placas em gesso cartonado	0,013	--	0,052
Lã mineral	0,06	--	1,50
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,27
Reboco	0,015	--	0,012
Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,10
Resistência térmica total – R_{total} (m ² .°C/W)	2,18		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m ² .°C]	0,45		

Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m ² .°C]	0,50
---	------

Envolvente opaca em contato com espaço fortemente ventilado: 0,45 W/m².°C < 0,50 W/m².°C



Tabela 39 - Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica (Descendente)

Envolvente opaca em contato com espaço fortemente ventilado (Fluxo: Descendente)	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,17
Placas em gesso cartonado	0,013	--	0,052
Lã mineral	0,06	--	1,50
Reboco	0,02	--	0,015
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,25	--	0,30
Reboco	0,015	--	0,012
Pavimento em madeira (madeira leve)	0,02	--	0,13
Resistência superficial interna	--	--	0,17
Resistência térmica total – R_{total} (m ² .°C/W)	2,35		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m ² .°C]	0,43		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m ² .°C]	0,50		

Envolvente opaca em contato com espaço fortemente ventilado: 0,43 W/m².°C < 0,50 W/m².°C



– Cobertura

No que diz respeito à cobertura do edifício em estudo, como já foi referenciado anteriormente, é a típica cobertura tradicional por telhas, ripas, varas e madres, com ausência de isolamento térmico. Assim sendo, o primeiro ponto a melhorar será na aplicação de isolamento térmico.

Existe duas soluções para o isolamento do vão de cobertura:

- Aplicação do isolamento na laje de esteira, mas na horizontal, ou seja, sobre a laje de esteira,
- Aplicação de painéis de sandwich (inclinado).

Neste caso, o isolamento a ser considerado será XPS (Isolamento poliestireno extrudido), sendo que apresenta uma condutividade térmica de $0,037 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, e apresenta um bom desempenho com água, tendo uma capilaridade quase nula. Na solução, caso seja aplicado o painéis sandwich, poderá ser adquirido com isolamento no interior dos painéis com lã mineral, sendo que apresenta uma condutividade térmica $0,040 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Tabela 40 - Valores comparativos entre coeficiente de transmissão térmica de diferentes tipo de isolamentos

	Aplicação "sandwich"		Tradicional	
	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente
XPS	$0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,35 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,34 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
MW	$0,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,36 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
EPS	$0,41 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,38 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Conforme a tabela acima, podemos constatar a variação do coeficiente de transmissão térmica, através da aplicação de três tipo de isolamentos, mais correntes, XPS, MW, EPS. Sendo que, na aplicação dos painéis sandwich, a espessura a ser considerada será 100 mm. Relativamente à aplicação do isolamento, de forma tradicional, a espessura considerada será 80 mm.

Realçamos que, EPS, considerado na tabela anterior, apresenta uma massa volúmica $13\text{-}15 \text{ kg/m}^3$, com condutividade térmica de $0,042 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.2.1.2 Envolvente opaca interior

– Parede divisória para marquise

De salientar que, parede interior da sala e da cozinha, voltada a norte, corresponde a parede divisória com marquise, ou seja, com espaço interior, mas com características exteriores. A constituição da parede, corresponde à mesma constituição das paredes exteriores, voltadas a Sul e Oeste. Ou seja, a nível de melhoramento poderá passa pela aplicação de painéis em gesso cartonado e uma lã mineral, com espessuras de 0,013 m e 0,06 m, respetivamente.

Tabela 41 – Análise comparativa do coeficiente de transmissão térmica parede divisória para marquise

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial exterior	--	--	0,13
Ladrilho em pastilha	0,01	--	0,024
Reboco	0,03	--	0,023
Caixa de ar	0,05	--	0,11
Parede dupla (15 e 11)	--	--	0,84
Reboco	0,015	--	0,012
Lã mineral	0,06	--	1,50
Placas em gesso cartonado	0,013	--	0,052
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} (m².°C/W)	2,82		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m².°C]	0,35		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m².°C]	0,50		

Parede Exterior (Varanda): 0,35 W/m².°C < 0,50 W/m².°C → **Verifica**

- Em contato vão de escadas / caixa de elevador

Relativamente às paredes em contato com caixa de elevador e com o vão de escadas, a melhor solução a adotar, poderá passar pela aplicação de uma lã mineral com espessura 0,06 m e com revestimento com

painéis em gesso cartonado com espessura 0,013 m. De salientar que, o isolamento será aplicado na face interior da habitação.

Tabela 42 - Melhoramento do coeficiente de transmissão térmica da parede vão de escadas / caixa de elevador

Envolvente opaca exterior	Espessura (m)	U [W/m ² .°C]	Rj (m ² .°C/W)
Resistência superficial interior	--	--	0,13
Ceramico	0,01	--	0,049
Reboco	0,02	--	0,015
Parede alvenaria simples de 15	--	--	0,39
Reboco	0,02	--	0,015
Lã mineral	0,06	--	1,5
Painel em gesso cartonado	0,013	--	0,052
Resistência superficial interna	--	--	0,13
Resistência térmica total – R_{total} (m².°C/W)	2,28		
Coeficiente de transmissão térmica – U [W/m².°C]	0,44		
Coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{max} [W/m².°C]	--		

3.2.1.3 Envidraçados

Relativamente aos envidraçados, poderemos ter também duas soluções distintas, ou seja, poderá passar pela substituição na integra de todos os envidraçados, aplicando envidraçados com vidro duplo, ou aproveitar os envidraçados existentes e aplicar uma outra janela (Janela dupla).

Caso seja efetuada a substituição do envidraçados, com aplicação de envidraçados com vidro duplo, de caixilharia com corte térmico, o coeficiente de transmissão térmica com caixilharia de alumínio será de 2,5 W/m².°C, e em PVC é de 2,1 W/m².°C.

Sendo que, com aplicação de uma janela dupla, com as mesmas características dos envidraçados existentes, o valor coeficiente de transmissão térmica será de $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

De acordo, com regulamento em vigor:

Envidraçado com vidro duplo (Alumínio): $2,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} < 2,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ —————> **Verifica**

Envidraçado com vidro duplo (PVC): $2,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} < 2,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ —————> **Verifica**

Envidraçado com janelas duplas (Alumínio): $2,30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} < 2,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ —————> **Verifica**



Figura 47 - Envidraçado com vidro duplo com caixilharia em alumínio (Esquerda) e com caixilharia em PVC (Direita) [37], [38]



Figura 48 - Envidraçado com janelas duplas com caixilharia em alumínio[39]

De salientar que, de forma mais discreta, nos envidraçados também estará implícito o melhoramento das caixas de estores, com aplicação de isolamento térmico no seu interior, para reduzir as perdas / ganhos de calor.

3.2.1.4 Caixa de estores

De salientar que, de forma mais discreta, nos envidraçados também estará implícito o melhoramento das caixas de estores, com aplicação de isolamento térmico no seu interior, para reduzir as perdas / ganhos de calor.

A aplicação de isolamento térmico, por exemplo uma lá mineral ou XPS, ajudará principalmente na redução das perdas de calor, proveniente da caixa de estores, uma vez que, é um espaço de ar que é fortemente ventilado.



Figura 49 - Imagens ilustrativas da aplicação de isolamento na caixa de estores [40], [41]

3.2.1.5 Taxa de renovação do ar

Relativamente à taxa de renovação do ar no interior das frações, com o melhoramento da caixa de estores e a respetiva substituição dos envidraçados ou aplicação de uma janela dupla, ambas as soluções, irão garantir os requisitos mínimos de 0,50 renovação por hora.

Realçamos que, atualmente o edifício apresenta R_{ph} (Aquecimento) - **0,66** / R_{ph} (Arrefecimento) - **0,66**.

Com o auxílio da folha de calculo facultado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), confirma-se, que, caso seja considerada a substituição dos envidraçados por janelas em PVC, com vidro duplo R_{ph} (Aquecimento) - **0,50** / R_{ph} (Arrefecimento) - **0,60** ou a aplicação de uma segunda janela, mantendo as existentes a taxa de renovação de ar será R_{ph} (Aquecimento) - **0,54** / R_{ph} (Arrefecimento) - **0,60**.

Conforme se pode confirmar nas tabelas que seguem em Anexo I.

3.2.2 Soluções energéticas

3.2.2.1 Sistema AQS

Para tirar partido das orientações solares do edifício em estudo, foi considerada a aplicação de sistemas solares térmicos, pelo sistema direto / indireto por termossifão ou pelo sistema indireto por circulação forçada.

Sendo um edifício, com um número considerável de frações, o sistema solar através de termossifão, não é o melhor sistema a aplicar em edifícios multifamiliares, ou seja, o sistema solar térmico a adotar será de circulação forçada.

Face à tipologia das frações, ambas contém uma zona de lavandaria, pelo que o depósito deverá situar-se na lavandaria, uma vez que é aconselhável que o depósito esteja resguardado.

De salientar que, acoplado ao sistema solar térmico, teremos em consideração a implementação de um sistema auxiliar, para os dias em que radiação solar seja reduzida, principalmente no inverno. Face à necessidade de reduzir o consumo de energias fósseis ou prejudiciais ao meio ambiente, o sistema de apoio ao sistema solar será um sistema elétrico com eficiência nominal 100%.



Figura 50 - Sistema elucidativo do sistema circulação forçada [42]

Com o auxílio do simulador SCER.ER, efetuou-se uma simulação, para definir o número de painéis necessários a instalar, que suprimisse o máximo possível as necessidades das frações do edifício em estudo.

Tendo por base:

- Fração T3,
- Número de ocupantes – 4,
- Consumo diário por ocupante – 40L.

Especificações dos coletores / depósito:

- Depósito com 200L por cada uma das frações;
- 3,9 m² de coletores,
- Inclinação coletores – 35°.

Sistema de apoio:

- Sistema elétrico.

De acordo com as especificações estabelecidas anteriormente, concluiu-se que a fração apresenta uma necessidade de energia (AQS) de 2 375,8 kWh, sendo totalmente satisfeita pela captação solar de 1 740,4 kWh, tendo necessidade de auxílio ao sistema de apoio de 635,4 kWh (Fator solar 73%).

Ou seja, pelos valores observados, o dimensionamento do sistema AQS, encontra-se dentro dos parâmetros, recomendados pelo regulamento ($50\% \leq \text{Sist. AQS} < 75\%$).

De salientar que, comercialmente as áreas dos coletores são aproximadamente entre 2,0 m² a 2,15 m², ou seja, conforme a área considerada de coletores para resultado obtido, será necessário um mínimo de 2 coletores solares por cada uma das frações.

Num panorama ideal, tentamos que as necessidades de energia para AQS fossem totalmente satisfeitas pela captação solar dos painéis solares, ou seja, com um fator solar de 100 %, mas concluiu-se que com o aumento de número de painéis, tendo em conta o termoacumulador considerado, o máximo de painéis que se poderia considerar seriam 3, ou seja teríamos uma fração solar aproximadamente de 88%. Caso, se aumentasse a dimensão do termoacumulador, para 300L, o número de painéis máximo seria de, aproximadamente, 4 painéis, para obter uma fração solar de 92%.

Resumidamente, considerando dois coletores por cada fração, 35 m² da cobertura direcionada a Sul, estará cobertura por coletores solares AQS.

3.2.2.2 Sistema de produção de energia

Perante a disposição do edifício, será considerada a aplicação de painéis fotovoltaicos, para produzir e fornecer energia ao edifício, mais precisamente a cada fração.

Para auxílio no dimensionamento dos painéis necessários, utilizamos o simulador SCER.ER, tendo por base o sistema exploração em regime de autoconsumo, mas sem baterias de armazenamento. Conclui-se, tendo em consideração um consumo médio anual 1 580 kWh/ano, o número de painéis fotovoltaicos

necessários para suprimir as necessidades de consumo energia proveniente da rede, será de 6 painéis (Área por painel: $1,28 \text{ m}^2 - 6 \times 1,28 = 7,68 \text{ m}^2$), com rendimento de 98%.

De salientar que, com aplicação de 6 painéis, a produção anual será de, aproximadamente, 1 433 kWh, sendo que só para autoconsumo será utilizada 636 Kwh/ano, ou seja, mesmo considerando a produção anual de energia, não suprime todas necessidades energéticas anuais de uma fração.

Portanto, procedeu-se ao aumento dos painéis para 7, e verificou-se que aumentou a produção de energia para 1 680 kWh e autoconsumo para 668 kWh, ultrapassando as necessidades energéticas da fração, mas constatou-se que o rendimento relativo reduziu para 88%, ou seja, conferiu-se que o dimensionamento se encontra sobredimensionado em relação ao autoconsumo pretendido, ou seja, parte da produção vai ser de forma grosseira “deitada ao lixo”.

De realçar que, é um sistema sem suporte a baterias, nas horas de maior pico, o consumo de energias vai ser menor, reforçando que o sobredimensionamento não será a solução ideal para tirar maior proveito da energia produzida.

No Anexo IV, encontra-se as simulações efetuadas até alcançar a solução ideal para edifício em estudo.



Figura 51 - Aplicação de painéis fotovoltaicos [43]

Tendo em conta que a simulação efetuada foi só referente a uma fração, caso seja considerado para todas as frações do edifício, aproximadamente, 62 m^2 de cobertura, direcionada a Sul, estará coberta por painéis fotovoltaicos (total de 48 painéis).

3.2.3 Determinação da nova classe energética

Tendo em conta a tipologia da fração / edifício e as respetivas dimensões de cada fração, não se irá considerar a aplicação de isolamento térmico nas paredes direcionadas para a marquise, para o edifício

adjacente e também para a caixa de elevador e de escadas. A principal razão, para que não haja aplicação do isolamento térmico nas paredes é para não reduzir a área útil em alguns compartimentos.

Com recurso à folha de calculo, foi calculada a nova classificação da fração, como se pode observar na tabela que se segue.

Tabela 43 – Indicadores energéticos relativos ao melhoramento térmico na envolvente exterior e na aplicação dos painéis solares

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (KWh/m ² .ano)	69,81	56,01
Nvc (KWh/m ² .ano)	2,26	9,13
Qa (KWh/ano)	2 377	2 377
Ntc (KWhep/m ² .ano)	183,45	177,61

$$R_{TN} = \frac{183,45}{177,61} = 1,03$$

De acordo, com os valores obtidos, constatou-se uma melhoria evidente ao nível da classificação energética, tendo aumentado um patamar, sendo que, ao adotar as medidas consideradas a nova classificação energética da fração será um C.



Figura 52 - Classificação energética da fração base com algumas melhorias sugeridas (1). [34]

Caso fosse considerada a aplicação de isolamento térmico, principalmente na parede direcionada para marquise e na parede interior em contato com o vão de escadas e caixa de elevador do edifício, haveria também um melhoramento considerável e notório.

Tabela 44 – Indicadores energéticos considerando todos os melhoramentos considerados

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (KWh/m ² .ano)	62,98	56,01
Nvc (KWh/m ² .ano)	2,68	9,13
Qa (KWh/ano)	2 377	2 377
Ntc (KWhep/m ² .ano)	166,37	177,61

$$R_{TN} = \frac{166,37}{177,61} = 0,94$$

Perante os valores obtidos, iria-se obter uma nova classificação energética, ou seja, passaria, para uma classificação energética de B⁻.



Figura 53 - Classificação energética da fração base com algumas melhorias sugeridas (2). [34]

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 CONCLUSÕES

A elaboração do presente relatório representa o terminar dos estudos relativos à obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil e coincide com a minha primeira experiência, no melhoramento térmico de um edifício / fração já existente. O presente relatório fez com que pudesse pôr em prática todos os meus conhecimentos técnicos, que fui adquirindo ao longo do meu percurso académico e profissional.

É de realçar o impacto que tem um edifício que seja o mais eficiente possível, sendo notório tanto a nível ambiental, como a nível monetário na vida dos utilizadores. Tirar o maior partido daquilo que nos é oferecido todos os dias, sem custos, o Sol, podendo rentabilizar e utilizar em nosso proveito.

No decorrer da dissertação, pude constatar o impacto e as várias debilidades a nível construtivo e de bem-estar e conforto que um edifício, construído nas décadas de 70, 80 e 90, pode oferecer.

O principal objetivo deste trabalho, passa pelo estudo das fragilidades que o edifício apresenta e tentar solucionar ou minimizar o impacto que essas debilidades podem provocar na vida do utilizador da habitação.

Numa fase inicial, constatou-se que o edifício apresenta várias fragilidades ao nível de perdas térmicas, perante a ausência de isolamento, principalmente nas paredes que se encontram expostas ao exterior. Segundo ponto, passa pela simplicidade dos vãos envidraçados, ou seja, vidro simples, com caixilharia sem corte térmico, sendo uma das grandes fragilidades do edifício. Terceiro ponto, e último, sendo dos mais notórios, a ausência de equipamentos para produção de energia e para o aquecimento das águas sanitárias. Perante os vários pontos abordados, focou-se o estudo no melhoramento dessas fragilidades, tendo sempre em atenção que se está diante de um edifício já existente, não sendo possível alterar alguns pontos devido a inúmeras razões a nível legislativo ou de execução.

Como observado no estudo do edifício, o mesmo apresentava várias debilidades, mas também várias características favoráveis para o seu melhoramento energético, face à sua excelente orientação e exposição solar a que está sujeito. Atualmente, a fração de base apresenta um R_{TN} de 1,53, ou seja, uma classificação energética D, abaixo do limite mínimo regulamentar.

Perante os valores obtidos, numa primeira fase, procurou-se melhorar o isolamento térmico ao nível das paredes de fachada e dos envidraçados, bem como a aplicação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos, tendo melhorado substancialmente o valor do R_{TN} para 1,03, ou seja, obtendo-se uma classificação energética C.

Sendo que o pretendido será melhorar o máximo possível a classificação energética, pensou-se também na aplicação de isolamento térmico nas paredes interiores, em contato com os espaços não úteis (marquise, caixa de escadas e elevador), tendo sido possível obter uma classificação B⁻. Contudo, é de salientar que, relativamente ao melhoramento térmico das paredes interiores, poderá haver uma maior dificuldade, uma vez que se trataria de uma intervenção numa fração já consolidada, provocando uma redução de áreas considerável nos compartimentos intervencionados. Realçando, também, que, ao nível estético, o revestimento de paredes será diferente das restantes paredes que não foram intervencionadas.

Apesar de se ter seguido as exigências regulamentares, não foi possível garantir um balanço energético anual quase nulo, sendo um dos grandes entraves, passa na impossibilidade de aplicar soluções viáveis para um maior aproveitamento da luz solar, como por exemplo, o aumento do vão de envidraçados e consequente redimensionamento das salas, para que fosse possível reduzir o consumo de energia para iluminação artificial. Por outro lado, mesmo considerando implementação de painéis fotovoltaicos na produção de energia, não foi considerada a aplicação de baterias para acumulação da energia que não é utilizada durante os picos de maior incidência, devido à relação de custo - benefício na aquisição de baterias, uma vez que se trata de um investimento inicial muito elevado com retorno a longo prazo. Esta opção não foi implementada pois atualmente há a possibilidade de programar os equipamentos domésticos com maior consumo para trabalharem nas horas de maior pico e assim aproveitar ao máximo essa energia, sem grande custo acrescido.

No edifício em estudo, os pontos abordados anteriormente, foram as principais dificuldades encontradas, no entanto, nos restantes edifícios poderá haver outros fatores condicionantes, nomeadamente, em edifícios nos centros das grandes cidades, a aplicação de painéis solares para aquecimento das AQS e produção energia poderá não ser uma solução viável, face ao sombreamento provocado pelo aglomerado de edifícios ao redor. Para além disso, esta situação, dificulta, também, a incidência de radiação solar, e consequente aproveitamento da luz natural, no interior do edifício.

De forma resumida, não foi possível alcançar o principal objetivo que passa por alcançar NZEB, face às várias condicionantes encontradas, a nível construtivo e de tipologia do edifício, contudo, é de realçar que foi possível obter um melhoramento considerável a nível térmico do edifício, perante as várias debilidades que apresentava.

Face ao exposto, foi possível aprender novos métodos e equipamentos, que não era possível abordar nas aulas, face à vasta matéria que é necessário lecionar. O estudo do funcionamento dos painéis solares térmicos e dos fotovoltaicos, foi um tema interessante de aprofundar e aplicar num edifício e constatar o impacto que pode ter numa habitação.

4.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Visto que a aplicação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos ainda é tema “tabu” em Portugal, ao nível da sua aplicação e rentabilidade financeira, no futuro seria interessante desenvolver os seguintes temas:

- Estudar em que situação é viável a aplicação de painéis fotovoltaicos a longo e medio prazo, face ao grande investimento que é feito, e se esse investimento algum dia vai ser compensado, perante as várias oscilações a nível legislativo e regulamentar em Portugal.
- As possibilidades de transformar os edifícios existentes em NZEB, expondo soluções para várias condicionantes / dificuldades que alguns edifícios existentes podem apresentar, que dificultaram a sua transformação.
- Estudar as consequências de transformar os edifícios existentes em NZEB a nível de custo e benefício dado que o parque edificado é extenso.
- Analisar o impacto da transformação dos edifícios existentes em NZEB no parque edificado a longo prazo.
- Estudar o custo - benefício de implementação de baterias para acumulação da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

CAPÍTULO 5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Miguel Peralta Carreira, “nZEB, da definição à implementação em Portugal,” 2019.
- [2] C. Mineiro Aires, “É de assinalar a procura que existe para a recuperação do edificado,” *Jornal de Negócios*, 2021.
- [3] V. Manuel and A. Peixoto De Freitas, “TRANSPOSIÇÃO DA NOVO DIRETIVA EUROPEIA EPBD2018 PARA A REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA EM PORTUGAL,” 2020. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [4] “DIRECTIVA 2002/91/CE,” 2002.
- [5] D. Manuel Pereira Dos Santos and P. Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas, “CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO PERFIL DE CONSUMOS DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO CONSTRUÇÕES,” 2018. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [6] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 40/90”.
- [7] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 118/98.”
- [8] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril”.
- [9] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril.”
- [10] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril.”
- [11] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto”.
- [12] Diário da República, “Portaria n.º 98/2019 de 2 de Abril.”
- [13] ADENE, “Perguntas e Respostas.”
- [14] Diário da República, “Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho,” 2021.
- [15] A. Observatório Da Energia, *Ficha Técnica Título Energia em Números*. 2021.
- [16] “GUIA SCE-Avaliação de Requisitos (REH),” 2020.
- [17] Diário da República, “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [18] R. Miguel Magalhães Fonseca, O. na FEUP, and J. Luís Alexandre, “Desenvolvimento e aplicação do conceito nZEB em construções de habitação modular ColdKit Ibérica Materiais Isolantes, S.A,” 2014.
- [19] M. André, P. Guedes, D. A. Silva, P. Doutora, M. Helena, and P. Corvacho, “EDIFÍCIOS COM NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA (NZEB) EM PAÍSES DO SUL DA EUROPA CONSTRUÇÕES,” 2020. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [20] I. Sartori, A. Napolitano, and K. Voss, “Net zero energy buildings: A consistent definition framework,” *Energy and Buildings*, vol. 48, pp. 220–232, May 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.01.032.
- [21] B. Rita Almeida Neves Santos Ferreira, “Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo,” 2016.
- [22] A. Albuquerque, “Mecanismos de transferência de calor.”
- [23] C. A. Pina dos Santos and L. Matias, “LNEC_ITE_50,” 2006.
- [24] M. SCE Pág, “Manual SCE.”
- [25] “Guia SCE-Parâmetros de Cálculo.”
- [26] “Pavimentos Base Térmica - E.P.I. - Engenharia e Construções”.
- [27] “Sistema Inovador de Iluminação Conduz Luz Natural”.
- [28] A. Esteves and B. Rocha, “Construção Bioclimática em Portugal,” 2020.
- [29] A. Jorge Ferreira Vaz, D. Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira, E. Cristina Pires Luso, and S. Maria Afonso Fernandes, “MANUAL PARA A CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA.”
- [30] M. Salvador Orientadores and P. Doutora Mónica Alcindor Prof^a Doutora Mariana Correia Doutor Francisco Fumega, “CIAB Viana do Castelo CENTRO DE INVESTIGAÇÃO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA Volume 1-Investigação no Âmbito do Projeto,” 2017.
- [31] “Herdade do Azinhal Turismo Rural”.
- [32] V. Bruno, M. Ribeiro, N. Manuel, and M. Ramos, “DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES SOLARES TÉRMICAS EM EDIFÍCIOS,” 2014. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [33] “Painéis fotovoltaicos.”
https://www.google.com/search?q=Pain%C3%A9is+fotovoltaicos&sxsrf=AOaemvJoLeXfDLpNJq48_tdmOhSURxcgNg:1631656067690&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjFkb3CuP_yAhUtxYUKHV-LBUkQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625#imgsrc=XgeTVowezrOO_M (accessed Oct. 16, 2021).

- [34] “ADENE - Agência para Energia -.”
https://www.google.com/search?q=Pain%C3%A9is+fotovolt%C3%A1icos&sxsrf=AOaemvJoLeXfDLpNJq48_tdmOhSURxcgNg:1631656067690&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjFkb3CuP_yAhUtxYUKHV-LBUkQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625#imgrc=XgeTVovezrOO_M (accessed Oct. 16, 2021).
- [35] “Esquentador.”
https://www.google.com/search?q=esquentador+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj4PWJ_YjzAhUW_UKHW6FCVUQ2-cCegQIABAA&oq=esquentador+&gs_lcp=CgNpbWcQAZIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQ6CggjEO8DEOoCECc6BAGAEENQk_sNWNKIDmCpig5oAXAAeACA AV2IAeMHkgECMTKYAQCGAQGqAQtnD3Mtd2l6LWltZ7ABCsABAQ&scient=img&ei=XBhGYeHCLpb4lwTuiqaoBQ&bih=568&biw=1366 (accessed Aug. 22, 2021).
- [36] “Termoacumulador.” https://www.google.com/search?q=termoacumulador&sxsrf=AOaemvK3i-yl6vE5vWrQOXdcmVmm_hlzJg:1631983707097&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi4vY-J_YjzAhVZBGMBSFpDikQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=568&dpr=1 (accessed Aug. 22, 2021).
- [37] “Distribuidores janelas pvc - Qualifac.” <https://www.qualifac.com.br/distribuidores-janelas-pvc> (accessed Oct. 17, 2021).
- [38] Ida Grupo R. & S. Santos, “Janelas de alumínio de correr - Janela Aberta.”
<https://janelaaberta.net/index.php?it=produtos/janelas/janelas-de-aluminio-de-correr/> (accessed Oct. 17, 2021).
- [39] “caixibata - serviços de caixilharia em alumínio.” <http://www.caixibata.pt/index.php?c=5> (accessed Oct. 17, 2021).
- [40] “Isolamento caixa de estores.” <https://www.represtor.com/produto/flexoterm/> (accessed Oct. 17, 2021).
- [41] “Isolamento da caixa de estores (1).”
https://www.google.com/search?q=isolamento+a+caixa+de+estores+com+l%C3%A1+mineral&sxsrf=AOaemvJtearZdo7ArJ6cO6gG9H7wZ_rNmng:1632170895385&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiK1bmzto7zAhXChVwKHfa1Dz4Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=YIRVvk4G2_8lluM (accessed Oct. 17, 2021).


REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [42] “CIRCULAÇÃO FORÇADA -- Energia Solar Térmica.”
<https://www.tisst.net/products/circula%C3%A7%C3%A3o-for%C3%A7ada/> (accessed Sep. 19, 2021).
- [43] “Painéis solares na cobertura.” https://br.freepik.com/fotos-premium/casa-com-paineis-solares-no-telhado-perto-das-arvores-ilustracao-3d_11866469.htm (accessed Sep. 20, 2021).

CAPÍTULO 6

ANEXOS

ANEXO I – CÁLCULO DA VENTILAÇÃO

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	<h2>Ventilação SCE Método Simplificado</h2>	Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no Capítulo 9 do Manual SCE, Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro.
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do SCE. Lisboa, LNEC, 2021. v1.0, 2021-07-01.		
1. Enquadramento do edifício		
Tipo de edifício	Habituação_novo_ou_grande_reabilitação	
Local (município)	Vila Nova de Gaia	Área útil (m2): 105,0
Região	A	Pd (m): 2,70
Rugosidade	I	N.º de pisos da fração: 1
Altitude do local (m)	94	Velocidade vento: Defeito REH
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vento (u10REH: 3.6) (m/s)
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	Vol (m3): 284
Altura do edifício (H _{edf}) em m	17	Texterior (°C): 9,9
Altura da fração (H _{fx}) em m	13	Zref (m): 94
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obst}) em m	35	Aerw/Au: 15%
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obst}) em m	2	Proteção do edifício: Protegido
		Zona da fachada: Inferior
2. Permeabilidade ao ar da envolvente		
Foi medido valor n50	Não	
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:		
Área dos vãos (m2)	16	0
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4	4
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente		
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim	
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	0	341
		Auto-regulável a 10 Pa
		Auto-regulável a 20 Pa
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta		
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não
Escoamento de ar		
Perda de carga		
Altura da conduta (m)		
Cobertura		
Número de condutas semelhantes		
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado		
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não	
Escoamento de ar		
Caudal nominal (m3/h)		
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento		
Pressão total (Pa)		
Rendimento total do ventilador(%)		
Tem sistema de recuperação de calor		
Rendimento da recuperação de calor (%)		
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)		
Existem meios híbridos	Não	
Escoamento de ar		
Caudal nominal (m3/h)		
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento		
Pressão total (Pa)		
Rendimento total do ventilador(%)		
7. Verão - Recuperador de calor		
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão		
8. Resultados		
8.1 - Balanço de Energia - Edifício		
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,50	
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,80	
W _{vm} (kWh)	0,0	
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência		
R _{ph,REF} (h-1)	0,50	
8.3 - Caudal mínimo de ventilação		
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,50	
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,50	
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório	

Técnico: _____



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

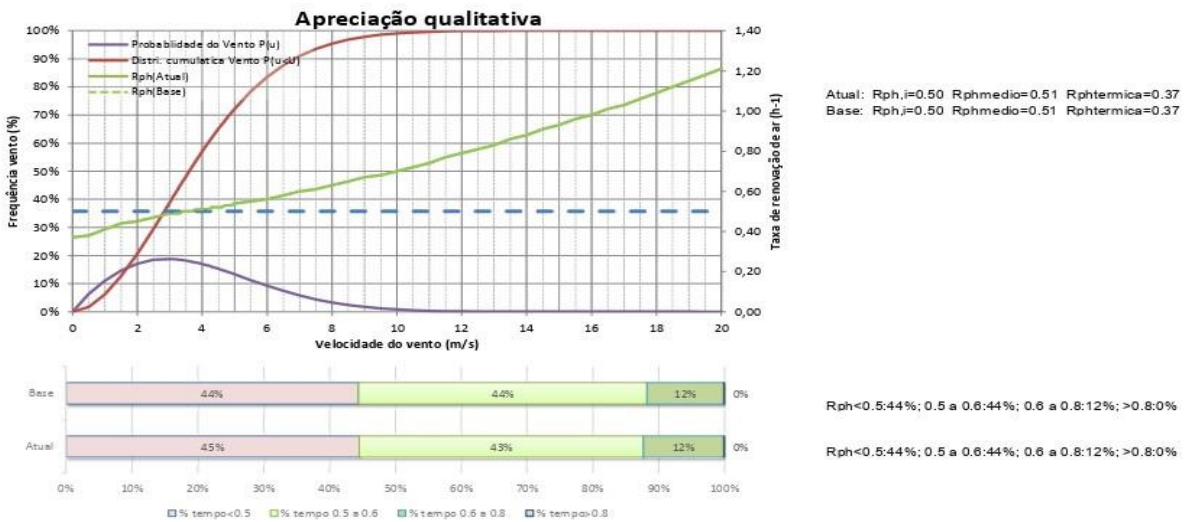
Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS

Aplicação desenvolvida por:
Armando Pinto,
apinto@lnec.pt

Ferramentas de cálculo citada no
Capítulo 9 do Manual SCE, Decreto-Lei n.º 101-D/2020
de 7 de dezembro.

Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)

1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar (Ajuda)



2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50) (Ajuda)

Janelas:

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	1
---	---

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	2,90
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	1,10
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	0,11

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada (Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	341 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	868 cm2	341 m3/h	766 m3/h	1078 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	868 cm2	1,2 h-1	2,7 h-1	3,8 h-1

Isolamento sonoro: Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envridaçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	Rw vidro	30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa	C	-1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	Ctr	-3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	IGU Rw+Correcção	27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	Janela Rw+Correcção	26
Fachada D2m,nT,W (dB)	28		

Resultados: isolamento sonoro	
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28
Isolamento minimo requerido (D2m,nT,W)	28 Satisfatório

Sintese:
Grelhas auto-reguláveis a 2 Pa com caudal nominal total de 341 (m3/h). As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuidas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (Dnei) não inferior a 36 (-1,-3) dB.

Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)

1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar (Ajuda)



2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50) (Ajuda)

Janelas:

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	1
---	----------

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	2,90
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	1,10
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	0,96

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada (Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	341 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	868 cm2	341 m3/h	766 m3/h	1078 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	868 cm2	1,2 h-1	2,7 h-1	3,8 h-1

Isolamento sonoro: Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (30,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	37	Rw vidro 30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C -1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr -3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correcção 27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correcção 26
Fachada D2m,nT,W (dB)		28	

Resultados: isolamento sonoro	
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28
Isolamento minimo requerido (D2m,nT,W)	28 Satisfatório

Síntese:
Grelhas auto-reguláveis a 2 Pa com caudal nominal total de 341 (m3/h). As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuidas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (DneI) não inferior a 36 (-1,-3) dB.



A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _x	U.A.b _x W/°C		Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _x	U.A.b _x W/°C
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
PDI2	12,84	0,81	0,80	8,32	PDI2	12,84	0,50	0,80	5,14
PDI3	14,64	1,37	0,80	16,05	PDI3	14,64	0,50	0,80	5,86
TOTAL				24,37	TOTAL				10,99
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES					PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES				
PDI1	21,64	1,85	0,60	24,01	PDI1	21,64	0,60	0,60	10,39
TOTAL				24,01	TOTAL				10,39
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
PVI1	89,09	1,22	0,80	86,95	PVI1	89,09	0,40	0,80	28,51
PVI1	89,08	1,22	0,80	86,94	PVI1	89,08	0,40	0,80	28,51
TOTAL				173,89	TOTAL				57,01
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)				
				0,00					0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
VI1	7,00	4,10	0,80	22,96	VI1	7,00	2,80	0,80	15,68
TOTAL				22,96	TOTAL				15,68
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUESIS, JARDINS DE INVERNO, ETC.					VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUESIS, JARDINS DE INVERNO, ETC.				
				0,00					0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _x > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	b _x	ψ.B.b _x W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ENUS COM b _x > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m·°C	b _x	ψ.B.b _x W/°C
Fachada com pavimento intermédio	14,70	0,70	0,80	8,23	Fachada com pavimento intermédio	14,70	0,50	0,80	5,88
Fachada com caixilharia	16,00	0,30	0,80	3,84	Fachada com caixilharia	16,00	0,20	0,80	2,56
Zona da caixa de estores	3,78	0,30	0,80	0,91	Zona da caixa de estores	3,78	0,20	0,80	0,60
		#N/D				#N/D			
TOTAL				12,98	TOTAL				9,04
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{tr} = 258,21 W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{tr} = 103,12 W/°C				

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
	Área m ²	U _{so} W/m ² ·°C	A.U _{so} W/°C		Área m	U _{so} W/m ² ·°C	A.U _{so} W/°C
PAREDES ENTERRADAS				PAREDES ENTERRADAS			
			0,00				0,00
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).</i>				PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).</i>			
			0,00				0,00
PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem</i>				PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos</i>			



	TOTAL	0,00		TOTAL	0,00	
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{se}			0,00	Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{se,ext}$		



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_{se}	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{se,ext}$
155,39	85,55
+	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{si}	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{si,ext}$
258,21	103,12
+	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{se}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{se,ext}$
0,00	0,00
=	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$
413,61	188,67
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_{se}	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{se,ext}$
155,39	85,55
+	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{si}	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{si,ext}$
234,20	92,73
+	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{se}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{se,ext}$
0,00	0,00
=	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$
389,59	178,29



Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0,00 \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & + \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 120,26 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 & \times \\
 & 0,34 \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 0,50 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 40,89 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i,REF} &= 0,50 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= 40,89 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0,00 \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & + \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 144,31 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 & \times \\
 & 0,34 \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 49,07 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} &= \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M &= \boxed{6,20} \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \boxed{89,08} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,i}} &= \boxed{1590,61} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{r,j}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,56	3,55	0,83	0,70	1,15	0,56	0,64
2 (VE2)	Norte	0,78	4,09	0,90	0,70	2,02	0,27	0,61
3 (VE4)	Oeste	0,78	2,00	1,00	0,70	1,10	0,56	0,61
4 (VE3)	Norte	0,78	2,73	0,90	0,70	1,35	0,27	0,40
5 (VE5)	Oeste	0,78	0,94	1,00	0,70	0,52	0,56	0,29
6 (VE6)	Sul	0,46	3,84	0,71	0,70	0,88	1,00	0,88
7 (VE7)	Sul	0,78	1,93	1,00	0,70	1,06	1,00	1,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot F_j$ deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	4,49

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,j} \cdot F_j$ 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 $g_i \cdot g_{\text{LENU}}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{r,j}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g, \text{LENU}}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No cálculo de g_{LENU} e g_{LENU} não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_j será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp, \text{vid}} \cdot \cos \theta$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,j}$.</i>							TOTAL	0,00

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{4,49} \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} &= \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M &= \boxed{6,20} \text{ meses} \\
 & = \\
 \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,i}} &= \boxed{3621,57} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 3621,57 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 5212,18 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} \quad 130 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad 0,15 \\
 &\quad \quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad \quad \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \quad \quad \quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,20 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 1572,39 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 3163,00 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = \frac{4}{x} \text{ W/m}^2 \\
 & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_e = \frac{2928}{x} \text{ horas} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{89,08}{x} \text{ m}^2 \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = \frac{1000}{x} \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = 1043,30 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _v	Factor Sel. angular F _{ovv}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{o,v}	FS Global Prot. Móveis e Perm. E _{int}	FS Global Prot. Perm. E _{ext}	FS de Verão E _v =F _{o,v} ·E _{int} ·[1-F _{o,v}]·E _{ext}	Área Efectiva A _{v,v} =A _v ·F _v ·E _v	Factor de Obstrução F _o =F _v ·F _{o,v} ·F _v	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano
1 (VE1)	Oeste	3,55	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,56	0,28	0,71	0,74	490,00	254,29
2 (VE2)	Norte	4,09	Simples	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	2,12	0,90	220,00	419,20
3 (VE4)	Oeste	2,00	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,52	1,00	490,00	256,02
4 (VE3)	Norte	2,73	Simples	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	1,41	0,90	220,00	279,81
5 (VE5)	Oeste	0,94	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,25	1,00	490,00	120,33
6 (VE6)	Sul	3,84	Simples	0,70	0,80	0,60	0,10	0,46	0,24	0,66	0,62	425,00	172,64
7 (VE7)	Sul	1,93	Simples	0,70	0,80	0,60	0,10	0,70	0,34	0,46	1,00	425,00	194,30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													1696,58

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _v	Factor Sel. angular F _{ovv}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{o,v}	FS de Verão do vão interior E _{v,INT}	FS de Verão do vão do ENU E _{v,ENU}	Área Efectiva A _{v,v} =A _v ·F _v ·E _{v,INT}	Factor de Obstrução F _o =F _v ·F _{o,v} ·F _v	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL													0,00

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_o é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar g_{v,ENU} é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{o,v} m ²	U W/m ² .°C	R _v [m ² .°C]/W	Área efectiva A _v =α·U·A _{o,v} ·R _v m ²	Factor de Obstrução F _o =F _v ·F _{o,v} ·F _v	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano	
PDE1	Sul	0,40	9,10	1,09	-	0,16	0,90	425,00	60,90	
PDE1	Oeste	0,40	33,92	1,09	0,04	0,59	0,90	490,00	261,72	
PDE2	Norte	0,40	5,14	2,75	-	0,23	0,90	220,00	44,84	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL										367,46

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{o,v} m ²	U W/m ² .°C	R _v [m ² .°C]/W	Área efectiva A _v =α·U·A _{o,v} ·R _v m ²	Factor de Obstrução F _o	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano	
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-	
TOTAL										0,00

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{o,v} m ²	U W/m ² .°C	R _v [m ² .°C]/W	Área efectiva A _v =α·U·A _{o,v} ·R _v m ²	Factor de Obstrução F _o	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano	
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-	
TOTAL										0,00

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{o,v} m ²	U W/m ² .°C	R _v [m ² .°C]/W	Área efectiva A _v =α·U·A _{o,v} ·R _v m ²	Factor de Obstrução F _o =F _v ·F _{o,v} ·F _v	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _v ·A _v kWh/ano	
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	
TOTAL										0,00

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada} = 1696,58 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca} = 367,46 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Ganhos Solares brutos } Q_{sol,v} = 2064,04 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 413,61 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 454,49 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 413,61 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 12\,408,17 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 1\,226,63 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 229,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} \quad 5660,20 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 1226,63 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$



E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="5212,18"/> kWh/ano
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i}+Q_{re,i}$	<input type="text" value="13634,80"/> kWh/ano
	=
parâmetro γ_i	<input type="text" value="0,38"/>
	=
parâmetro a_{i1}	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
	=
Factor de utilização dos ganhos η_i	<input type="text" value="0,99"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="5212,18"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$	<input type="text" value="5155,07"/> kWh/ano

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="3163,00"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$	<input type="text" value="1897,80"/> kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e}$	<input type="text" value="12408,17"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,e}$	<input type="text" value="1226,63"/> kWh/ano
	=
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e}$	<input type="text" value="5155,07"/> kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="8479,73"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c	<input type="text" value="95,19"/> kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e,REF}$	<input type="text" value="5660,20"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,e,REF}$	<input type="text" value="1226,63"/> kWh/ano
	=
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e,REF}$	<input type="text" value="1897,80"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="4989,03"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{c,REF}$	<input type="text" value="56,01"/> kWh/m ² .ano



Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 389,59 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 438,66 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 389,59 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 4\,676,97 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 589,02 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$



F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3107,35"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v}+Q_{re,v}$	<input type="text" value="5265,99"/> kWh/ano
	=
parâmetro γ_v	<input type="text" value="0,59"/>
parâmetro a_v	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_v	<input type="text" value="0,95"/>

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,05"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3107,35"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{u,c}$	<input type="text" value="1,67"/> kWh/m ² .ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,17"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	<input type="text" value="4797,14"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{u,v}$	<input type="text" value="9,13"/> kWh/m ² .ano



Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE 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/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η	Factor de Conversão $F_{p,u}$ kWh _u /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \delta N_u / \eta \cdot F_{p,u}$ kWh _u /m ² .ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \delta N_u \cdot F_{p,u} / \eta$ kWh _u /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,r}$ kWh/m ² .ano	$f_{i,r}$	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Conversão $F_{p,u,r}$ kWh _{u,r} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{i,r} N_{u,r} \cdot F_{p,u,r} / \eta_{ref}$ kWh _{u,r} /m ² .ano			
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	8479,73	237,98	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	140,02			
TOTAL								8479,73	237,98	TOTAL								140,02

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_v kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão $F_{p,v}$ kWh _v /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \delta N_v / \eta_v \cdot F_{p,v}$ kWh _v /m ² .ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \delta N_v \cdot F_{p,v} / \eta_v$ kWh _v /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,r}$ kWh/m ² .ano	$f_{v,r}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,v,r}$ kWh _{v,r} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,r} N_{v,r} \cdot F_{p,v,r} / \eta_{v,ref}$ kWh _{v,r} /m ² .ano			
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,61			
TOTAL								0,00	0,00	TOTAL								7,61

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		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS												
40	consumo médio diário de referência M_{acc} [160]	40	consumo médio diário de referência M_{acc} [160]	40	consumo médio diário de referência M_{acc} [160]	40	consumo médio diário de referência M_{acc} [160]											
n	n ocupantes	4187	aumento de temperatura ΔT [35] °C	n	n ocupantes	4187	aumento de temperatura ΔT [35] °C											
1	factor de eficiência hídrica	365	nº de dias de consumo	1	factor de eficiência hídrica	365	nº de dias de consumo											
180	sumo médio diário de referência MAQS [180]	3600000		180	consumo médio diário de referência MAQS [180]	3600000												
		89,08	A_p [89,08] m ²			89,08	A_p [89,08] m ²											
		26,69	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_{u,A_p} [26,69] kWh/m ² .ano			26,69	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_{u,A_p} [26,69] kWh/m ² .ano											
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η_u	Factor de Conversão $F_{p,u}$ kWh _u /kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta Q_u / \eta_u$ kWh _u /m ² .ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta Q_u \cdot F_{p,u} / \eta_u$ kWh _u /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,r}/A_p$ kWh/m ² .ano	$f_{u,r}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{u,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,u,r}$ kWh _{u,r} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{u,r} Q_{u,r} \cdot F_{p,u,r} / \eta_{u,ref}$ kWh _{u,r} /m ² .ano			
Sistema 1	Electricidade	26,69	0,00	1	0,77	2,5	0,00	0,00	Sistema 1	Electricidade	26,69	0,00	0,85	2,5	0,00			
Sistema por defeito	Gás Natural		1,00		0,80	1	2967,90	33,32	Sistema por defeito	Gás Natural		1,00	0,89	1	29,89			
TOTAL								2967,90	33,32	TOTAL								29,89

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm}	0	kWh/ano
Área Útil de Pavimento A_p	89,08	m ²
Factor de Conversão $F_{p,v}$	2,5	kWh _v /kWh
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00	kWh _v /m ² .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão $F_{p,ren}$ kWh _u /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{p,ren}$ kWh _u /m ² .ano
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
TOTAL				0,00



G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	237,98	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	33,32	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh _p /m ² .ano
-		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh _p /m ² .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	271,30	kWh _p /m ² .ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	140,02	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,81	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	29,99	kWh _p /m ² .ano
+		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	177,81	kWh _p /m ² .ano



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

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{t,s}$ W/°C

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{t,s,ext}$ W/°C



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

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int} + H_{e,el}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{t,s}$ W/°C
 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,s}$ W/°C

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

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{t,s}$ W/°C
 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,s}$ W/°C

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

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int,ext} + H_{e,el,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{t,s,ext}$ W/°C
 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,s,ext}$ W/°C

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

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int,ext}$ W/°C
 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{t,s,ext}$ W/°C
 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,s,ext}$ W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} \quad 0,00 \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} \quad 0 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{oh,i} \cdot A_o \cdot P_d \quad 120,26 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \quad 1,00 \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{oh,i} \quad 0,50 \quad \text{h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_o \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad 2,70 \quad \text{m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} \quad 40,89 \quad \text{W}/^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{oh,i,REF} \quad 0,50 \quad \text{h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_o \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad 2,70 \quad \text{m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} \quad 40,89 \quad \text{W}/^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} \quad 0,00 \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} \quad 0 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{oh,v} \cdot A_o \cdot P_d \quad 144,31 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \quad 1,00 \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{oh,v} \quad 0,60 \quad \text{h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_o \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad 2,70 \quad \text{m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} \quad 49,07 \quad \text{W}/^\circ\text{C}
 \end{array}$$

Folha de Cálculo C
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{89,08} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & \boxed{1590,61} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i}, F_{o,i}, F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,56	3,55	0,83	0,70	1,15	0,56	0,64
2 (VE2)	Norte	0,78	4,09	0,90	0,70	2,02	0,27	0,61
3 (VE4)	Oeste	0,78	2,00	1,00	0,70	1,10	0,56	0,61
4 (VE3)	Norte	0,78	2,73	0,90	0,70	1,35	0,27	0,40
5 (VE5)	Oeste	0,78	0,94	1,00	0,70	0,52	0,56	0,29
6 (VE6)	Sul	0,46	3,84	0,71	0,70	0,88	1,00	0,88
7 (VE7)	Sul	0,78	1,93	1,00	0,70	1,06	1,00	1,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	4,49

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ 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 $g_i \cdot g_{i,ENU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i}, F_{o,i}, F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No cálculo de g_{int} e g_{ENU} 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_{vi}, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.</i>							TOTAL	0,00

$$\begin{aligned}
 & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{4,49} \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} & \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\
 & = \\
 \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} & \boxed{3621,57} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$



C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 3621,57 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 5212,18 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} \quad 130 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,20 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 1572,39 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 3163,00 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{in} $\frac{4}{x}$ W/m²
 Duração da estação de arrefecimento L_e $\frac{2928}{x}$ horas
 Área útil de pavimento A_p $\frac{89,08}{x}$ m²
 +
 1000
 =
 Ganhos internos brutos $Q_{in,v}$ $\frac{1043,30}{x}$ kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ov}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. β_{int}	FS Global Prot. Perm. β_{ext}	FS de Verão $\beta_{v,v}$	FS de Verão do ENU $\beta_{v,enu}$	Área Efectiva $A_{e,v}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,v}$
1 (VE1)	Oeste	3,55	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,56	0,28	0,71	490,00	0,74	254,29	254,29
2 (VE2)	Norte	4,09	Simples	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	2,12	0,90	220,00	419,20	
3 (VE4)	Oeste	2,00	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,52	1,00	490,00	256,02	
4 (VE3)	Norte	2,73	Simples	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	1,41	0,90	220,00	279,81	
5 (VE5)	Oeste	0,94	Simples	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,25	1,00	490,00	120,33	
6 (VE6)	Sul	3,84	Simples	0,70	0,80	0,60	0,10	0,46	0,24	0,66	0,62	425,00	172,64	
7 (VE7)	Sul	1,93	Simples	0,70	0,80	0,60	0,10	0,70	0,34	0,46	1,00	425,00	194,30	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL														1696,58

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F_g	Factor Sel. angular F_{ov}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior $\beta_{v,int}$	FS de Verão do vão do ENU $\beta_{v,enu}$	$\beta_{v,v}$	$\beta_{v,enu}$	Área Efectiva $A_{e,v}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,v}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL														0,00

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_o é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar $g_{v,ENU}$ é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,op}$	
PDE1	Sul	0,40	9,10	0,50	-	0,07	0,90	425,00	27,82	
PDE1	Oeste	0,40	33,92	0,50	-	0,27	0,90	490,00	119,55	
PDE2	Norte	0,40	5,14	0,66	0,04	0,05	0,90	220,00	10,77	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL										158,14
COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,op}$	
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	0,00	
TOTAL										0,00
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,op}$	
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	0,00	
TOTAL										0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op}$	Factor de Obstrução F_o	Intensidade da Radiação I_{ei}	$I_{ei} F_o A_{e,op}$	
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	
TOTAL										0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada $\frac{1696,58}{x}$ kWh/ano
 +
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca $\frac{158,14}{x}$ kWh/ano
 =
 Ganhos Solares brutos $Q_{s,v}$ $\frac{1854,72}{x}$ kWh/ano



D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$	1043,30	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,br}$	1854,72	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,br}$	2898,03	kWh/ano

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m ²
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento $L_{e,ref}$	2928	horas
	+	
	1000	
	+	
factor solar de verão de referência $g_{s,ref}$	0,43	
	x	
$A_{int}/A_{s,ref}$	0,2	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{s,ref}$	490	kWh/m ² .ano
	=	
	53,85	kWh/m ² .ano
	x	
Área útil de Pavimento A_p	89,08	m ²
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,ref}$	4797,14	kWh/ano

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 336,46 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 377,35 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 336,46 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 10\,093,93 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 1\,226,63 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 229,56 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} \quad 5\,660,20 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,REF} \quad 1\,226,63 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$



E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	5212,18 kWh/ano
+	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,+}+Q_{re}$	11320,56 kWh/ano
=	
parâmetro γ	0,46
+	
parâmetro a_i	4,20 W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_i	0,98
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	5212,18 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u}$	5102,01 kWh/ano

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b,REF}$	3163,00 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,REF}$	1897,80 kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e}$	10093,93 kWh/ano
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,e}$	1226,63 kWh/ano
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e}$	5102,01 kWh/ano
(falha de cálculo 1.4)	
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	6218,55 kWh/ano
+	
Área útil de pavimento A_p	89,08 m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_e	69,81 kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e,REF}$	5660,20 kWh/ano
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,e,REF}$	1226,63 kWh/ano
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e,REF}$	1897,80 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	4989,03 kWh/ano
+	
Área útil de pavimento A_p	89,08 m ²
=	
Límite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_i	56,01 kWh/m ² .ano



Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 312,45 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 361,52 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 312,45 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 3\,750,91 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 589,02 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$



F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	<input type="text" value="2898,03"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v}+Q_{re,v}$	<input type="text" value="4339,92"/> kWh/ano
	=
parâmetro γ_v	<input type="text" value="0,67"/>
parâmetro av	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_v	<input type="text" value="0,93"/>

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,07"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	<input type="text" value="2898,03"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{v,e}$	<input type="text" value="2,26"/> kWh/m ² .ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,17"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	<input type="text" value="4797,14"/> kWh/ano
	+
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	<input type="text" value="9,13"/> kWh/m ² .ano



G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	174,52	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	28,46	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh _{pe} /m ² .ano
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	19,53	kWh _{pe} /m ² .ano
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	183,45	kWh _{pe} /m ² .ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	140,02	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,61	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	29,99	kWh _{pe} /m ² .ano
	+	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	177,61	kWh _{pe} /m ² .ano

Classificação B



Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES				PAREDES EXTERIORES			
	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>			
PDE1	9,10	0,50	4,55	Área A m ²	U _{util} W/m ² .°C	U.A W/°C	
PDE1	33,92	0,50	16,94	PDE1	9,10	0,50	4,55
PDE2	5,14	0,66	3,40	PDE1	33,92	0,50	16,96
				PDE2	5,14	0,50	2,57
			TOTAL			TOTAL	24,71
			24,89				
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
			TOTAL			TOTAL	0,00
			0,00				0,00
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m ²	U _{envidraçado} W/m ² .°C	U.A W/°C		Área A m ²	U _{envidraçado} W/m ² .°C	U.A W/°C
			TOTAL			TOTAL	0,00
			0,00				0,00
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES				VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES			
	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	3,55	2,10	7,46	1 (VE1)	3,31	2,80	9,28
2 (VE2)	4,09	2,10	8,59	2 (VE2)	3,82	2,80	10,69
3 (VE4)	2,00	2,10	4,20	3 (VE4)	1,87	2,80	5,23
4 (VE3)	2,73	2,10	5,73	4 (VE3)	2,55	2,80	7,14
5 (VE5)	0,94	2,10	1,97	5 (VE5)	0,88	2,80	2,46
6 (VE6)	3,84	2,10	8,06	6 (VE6)	3,59	2,80	10,04
7 (VE7)	1,93	2,10	4,05	7 (VE7)	1,80	2,80	5,05
			TOTAL			TOTAL	49,88
			40,07				49,88
VÃOS OPACOS EXTERIORES				VÃOS OPACOS EXTERIORES			
	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
			TOTAL			TOTAL	0,00
			0,00				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 varanda	4,00	0,70	2,80	Fachada com varanda	4,00	0,50	2,00
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,70	0,50	1,35	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,70	0,40	1,08
Fachada com caixilharia	31,17	0,30	9,35	Fachada com caixilharia	31,17	0,20	6,23
Zona da caixa de estores	8,22	0,30	2,47	Zona da caixa de estores	8,22	0,20	1,64
			TOTAL			TOTAL	10,96
			15,97				10,96
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext}				Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ext}			
			80,92				85,55
			W/°C				W/°C



A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{s,i}	U.A.b _{s,i} W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{s,i}	U.A.b _{s,i} W/°C
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
PD2	12,84	0,47	0,80	4,85	PD2	12,84	0,50	0,80	5,14
PD3	14,64	0,59	0,80	6,96	PD3	14,64	0,50	0,80	5,86
			TOTAL	11,81				TOTAL	10,99
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES					PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES				
PD1	21,64	1,85	0,60	24,01	PD1	21,64	0,80	0,60	10,39
			TOTAL	24,01				TOTAL	10,39
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
PV1	89,09	1,22	0,80	86,95	PV1	89,09	0,40	0,80	28,51
PV1	89,08	1,22	0,80	86,94	PV1	89,08	0,40	0,80	28,51
			TOTAL	173,89				TOTAL	57,01
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)				
			TOTAL	0,00				TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
V1	7,00	2,10	0,80	11,76	V1	7,00	2,80	0,80	15,68
			TOTAL	11,76				TOTAL	15,68
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.					VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.				
			TOTAL	0,00				TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{s,i} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{s,i}	ψ.B.b _{s,i} W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ENUS COM b _{s,i} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{s,i}	ψ.B.b _{s,i} W/°C
Fachada com pavimento intermédio	14,70	0,70	0,80	8,23	Fachada com pavimento intermédio	14,70	0,50	0,80	5,88
Fachada com caixilharia	16,00	0,30	0,80	3,84	Fachada com caixilharia	16,00	0,20	0,80	2,56
Zona da caixa de estores	3,78	0,30	0,80	0,91	Zona da caixa de estores	3,78	0,20	0,80	0,60
		#N/D				#N/D			
			TOTAL	12,98				TOTAL	9,04
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{ia} <input type="text" value="234,46"/> W/°C					Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{ia} <input type="text" value="103,12"/> W/°C				
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				
PAREDES ENTERRADAS	Área m ²	U _{iw} W/m ² .°C	A U _{iw} W/°C		PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{iw} W/m ² .°C	A U _{iw} W/°C	
			TOTAL	0,00				TOTAL	0,00
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m ²	U _{ij} W/m ² .°C	A U _{ij} W/°C		PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m	U _{ij} W/m ² .°C	A U _{ij} 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 <=0) com ou sem</i>	Área m ²	U _i W/m ² .°C	A U _i W/°C		PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos</i>	Área m	U _i W/m ² .°C	A U _i W/°C	



	TOTAL	0,00		TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$			0,00	W/°C	
			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 $H_{e,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$
80,92	85,55
+	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int} + H_{e,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int} + H_{e,ext}$
234,46	109,12
+	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$
0,00	0,00
=	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$
315,38	188,67
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 $H_{e,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{e,ext}$
80,92	85,55
+	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int} + H_{e,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{e,int} + H_{e,ext}$
210,44	92,73
+	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$
0,00	0,00
=	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$
291,37	178,29



Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0,00 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &+ \\
 R_{oh,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 120,26 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 &\times \\
 &0,34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{oh,i} &= 0,50 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{oh,i,REF} &= 0,50 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= 40,89 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0,00 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &+ \\
 R_{oh,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 144,31 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 &\times \\
 &0,34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{oh,v} &= 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 89,08 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,70 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo C
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0,72 \\ & \times \\ \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{89,08} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & \boxed{1590,61} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno β_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot \beta_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,56	3,55	0,83	0,70	1,15	0,56	0,64
2 (VE2)	Norte	0,78	4,09	0,90	0,70	2,02	0,27	0,61
3 (VE4)	Oeste	0,78	2,00	1,00	0,70	1,10	0,56	0,61
4 (VE3)	Norte	0,78	2,73	0,90	0,70	1,35	0,27	0,40
5 (VE5)	Oeste	0,78	0,94	1,00	0,70	0,52	0,56	0,29
6 (VE6)	Sul	0,46	3,84	0,71	0,70	0,88	1,00	0,88
7 (VE7)	Sul	0,78	1,93	1,00	0,70	1,06	1,00	1,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$ deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	4,49

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,i} \cdot F_{f,i}$ 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 $\beta_i \cdot \beta_{i,ENU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot \beta_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No cálculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp,vi}$ afectado do factor de seletividade angular $F_{w,j}$.</i>							TOTAL	0,00

$$\begin{aligned} & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{4,49} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} & \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\ & = \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} & \boxed{3621,57} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$



C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 3621,57 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 5212,18 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} \quad 130 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 89,08 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,20 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 1572,39 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 1590,61 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 3163,00 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{int} $\frac{4}{x}$ W/m²
 Duração da estação de arrefecimento L_e $\frac{2928}{x}$ horas
 Área útil de pavimento A_p $\frac{89,08}{x}$ m²
 +
 1000
 =
 Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$ $1043,30$ kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F_e	Factor Sel. angular $F_{s,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. δ_{ext}	FS Global Prot. Perm. $\delta_{ext,v}$	FS de Verão $\delta_{v,v} = F_{m,v} \cdot \delta_{ext,v} + (1 - F_{m,v}) \cdot \delta_{ext}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_{e,v} \cdot F_e \cdot \delta_{v,v}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{s,v} \cdot F_{m,v}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,v} \cdot A_{e,v}$
1 (VE1)	Oeste	3,55	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,10	0,56	0,28	0,71	0,74	490,00	254,29
2 (VE2)	Norte	4,09	Simplex	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	2,12	0,90	220,00	419,20
3 (VE4)	Oeste	2,00	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,52	1,00	490,00	256,02
4 (VE3)	Norte	2,73	Simplex	0,70	0,85	0,00	0,10	0,74	0,74	1,41	0,90	220,00	279,81
5 (VE5)	Oeste	0,94	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,10	0,78	0,37	0,25	1,00	490,00	120,33
6 (VE6)	Sul	3,84	Simplex	0,70	0,80	0,60	0,10	0,46	0,24	0,68	0,62	425,00	172,64
7 (VE7)	Sul	1,93	Simplex	0,70	0,80	0,60	0,10	0,70	0,34	0,46	1,00	425,00	194,30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													1696,58

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F_e	Factor Sel. angular $F_{s,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior $\delta_{v,int}$	FS de Verão do vão do ENU $\delta_{v,enu}$	$\delta_{v,v} = \delta_{v,int} \cdot \delta_{v,enu}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_{e,v} \cdot F_e \cdot \delta_{v,v}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{s,v} \cdot F_{m,v}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,v} \cdot A_{e,v}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													0,00

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores $F_{o,v}$ é igual a 1. Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar $g_{v,ENU}$ é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{v,e}$	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,op} \cdot A_{e,op}$
PDE1	Sul	0,40	9,10	0,50	-	0,07	0,90	425,00	27,82
PDE1	Oeste	0,40	33,92	0,50	0,04	0,27	0,90	490,00	119,55
PDE2	Norte	0,40	5,14	0,66	-	0,05	0,90	220,00	10,77
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									158,14
COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{v,e}$	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,op} \cdot A_{e,op}$
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{v,e}$	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,op} \cdot A_{e,op}$
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	$R_{v,e}$	Área efectiva $A_{e,op} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{v,e}$	Factor de Obstrução $F_{o,op}$	Intensidade da Radiação I_{sai}	$I_{sai} \cdot F_{o,op} \cdot A_{e,op}$
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada $1696,58$ kWh/ano
 +
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca $158,14$ kWh/ano
 =
 Ganhos Solares brutos $Q_{sai,v}$ $1854,72$ kWh/ano



D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1043,30	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	1854,72	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{t,v}$	2898,03	kWh/ano

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{iv}	4	W/m ²
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
	=	
	1000	
	+	
factor solar de verão de referência $g_{v,ref}$	0,43	
	x	
A_w/A_p ref	0,2	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{sol,ref}$	490	kWh/m ² .ano
	=	
	53,85	kWh/m ² .ano
	x	
Área útil de Pavimento A_p	89,08	m ²
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{q,v,ref}$	4797,14	kWh/ano

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 315,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,a} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} \quad 356,27 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 315,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,r} \quad 9\,461,43 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,a} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{v,a} \quad 1\,226,63 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,a,REF} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,REF} \quad 229,56 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 188,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,r,REF} \quad 5\,660,20 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,a,REF} \quad 40,89 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{v,a,REF} \quad 1\,226,63 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$



E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	<input type="text" value="5212,18"/> kWh/ano
+	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,t}+Q_{ve,t}$	<input type="text" value="10688,06"/> kWh/ano
=	
parâmetro γ_i	<input type="text" value="0,49"/>
parâmetro a_i	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos η_i	<input type="text" value="0,97"/>
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	<input type="text" value="5212,18"/> kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,t}$	<input type="text" value="5078,16"/> kWh/ano

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b,REF}$	<input type="text" value="3163,00"/> kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,t,REF}$	<input type="text" value="1897,80"/> kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e}$	<input type="text" value="9461,43"/> kWh/ano
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,e}$	<input type="text" value="1226,63"/> kWh/ano
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e}$	<input type="text" value="5078,16"/> kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)	
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5609,90"/> kWh/ano
+	
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_{ic}	<input type="text" value="62,98"/> kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,e,REF}$	<input type="text" value="5660,20"/> kWh/ano
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,e,REF}$	<input type="text" value="1226,63"/> kWh/ano
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e,REF}$	<input type="text" value="1897,80"/> kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="4989,03"/> kWh/ano
+	
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{i,REF}$	<input type="text" value="56,01"/> kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 291,37 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 340,43 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 291,37 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,est}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 3\,497,80 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 49,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,est}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 589,02 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	<input type="text" value="2898,03"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{re,v}$	<input type="text" value="4086,82"/> kWh/ano
	=
parâmetro γ_v	<input type="text" value="0,71"/>
	=
parâmetro av	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
	=
Factor de utilização dos ganhos η_v	<input type="text" value="0,92"/>

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{v,REF}$	<input type="text" value="0,83"/>
--	-----------------------------------

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,08"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	<input type="text" value="2898,03"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{e,v}$	<input type="text" value="2,68"/> kWh/m ² .ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

	<input type="text" value="0,17"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	<input type="text" value="4797,14"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento A_p	<input type="text" value="89,08"/> m ²
	=
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{v,REF}$	<input type="text" value="9,13"/> kWh/m ² .ano



Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA **LIMITE 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/m ² .ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{pt} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta N_u / \eta F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta N_u F_{conv} / \eta$ kWh _{pp} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,ref}$ kWh/m ² .ano	$f_{u,ref}$	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh _{pt} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{u,ref} N_{u,ref} F_{conv,ref} / \eta_{ref}$ kWh _{pp} /m ² .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		1	2.5	5609.90	157.44	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	1	2.5	140.02
						TOTAL	5609.90	157.44					TOTAL		140.02

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_v kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{pt} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \delta N_v / \eta_v F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \delta N_v F_{conv} / \eta_v$ kWh _{pp} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,ref}$ kWh/m ² .ano	$f_{v,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh _{pt} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,ref} N_{v,ref} F_{conv,ref} / \eta_{v,ref}$ kWh _{pp} /m ² .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		3	2.5	0.00	0.00	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	3	2.5	7.61
						TOTAL	0.00	0.00					TOTAL		7.61

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5 **G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5 DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQ5

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5

consumo médio diário de referência M_{AQ5} l

40 ocupantes

factor de eficiência hídrica

sumo médio diário de referência M_{AQ5} l

aumento de temperatura ΔT °C

nº de dias de consumo dias

A_p m²

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5 Q_u/A_p kWh/m².ano

CONSUMO DE AQ5 DE REFERÊNCIA

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5

consumo médio diário de referência M_{AQ5} l

40 ocupantes

factor de eficiência hídrica

sumo médio diário de referência M_{AQ5} l

aumento de temperatura ΔT °C

nº de dias de consumo dias

A_p m²

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5 Q_u/A_p kWh/m².ano

SISTEMA PARA AQ5	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η	Factor de Conversão F_{conv} kWh _{pt} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \delta Q_u / \eta F_{conv}$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \delta Q_u F_{conv} / \eta$ kWh _{pp} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQ5	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,ref}/A_p$ kWh/m ² .ano	$f_{u,ref}$	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh _{pt} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{u,ref} Q_{u,ref} F_{conv,ref} / \eta_{ref}$ kWh _{pp} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	26.69	0.79	1	1.00	1	1740.04	19.53	Sistema por defeito	Gás Natural	26.69	1.00	0.89	1	28.89
Sistema por defeito	Gás Natural		0.27		0.80	1	795.56	8.93					TOTAL		28.89
						TOTAL	2535.60	28.46					TOTAL		28.89

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm} kWh/ano

Área Útil de Pavimento A_p m²

Factor de Conversão F_{vm} kWh_{pt}/kWh

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{pp}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{wp}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão F_{wp} kWh _{pt} /kWh	Energia primária $E_{wp} F_{wp}$ kWh _{pp} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	19.53	1	19.53
Sistema 2	Renovável Eléctrica	0.00	2.5	0.00
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0.00	1	0.00
		TOTAL		19.53



G.6- NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	157,44	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	28,95	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	19,53	kWh _p /m ² .ano
+		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	166,37	kWh _p /m ² .ano







G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA

Energia primária para aquecimento	140,02	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,61	kWh _p /m ² .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	29,99	kWh _p /m ² .ano
+		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N _p	177,61	kWh _p /m ² .ano

ANEXO III – COLETORES SOLARES AQS



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2																									
Sumário																																					
Instalação em Oliveira do douro (Vila Nova de Gaia) 6 colectores Padrão REH » painel de 3,90 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 200 l, modelo típico (200 L)			Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 2.376 kWh - satisfeitas por origem solar: 1.740 kWh 73% - satisfeitas pelo apoio: 635 kWh 27%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 35% produtividade: 446 kWh/m ² perdas: 30%																														
Local e clima																																					
NUTS III: Grande Porto		Município: Vila Nova de Gaia			Local: Oliveira do douro			elevação: 94 m		albedo: 20%																											
<i>obstruções do horizonte</i>																																					
azimute: E		-85°		-80°		-75°		-70°		-65°		-60°		-55°		-50°		NE		-40°		-35°		-30°		-25°		-20°		-15°		-10°		-5°		S	
altura angular:																																					
azimute: S		5°		10°		15°		20°		25°		30°		35°		40°		NW		50°		55°		60°		65°		70°		75°		80°		85°		W	
altura angular:																																					
Configuração do sistema solar																																					
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 3,9 m ² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.																																					
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 15 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																					
6 colectores Padrão REH. Área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m ² K e a2 = 0,014 W/m ² K ² , rendimento óptico = 73%.																																					
1 depósito de modelo típico (200 L), com capacidade 200 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 4,6 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																																					
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																																					
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																					
Necessidades de energia																																					
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																					
edifício:			Residências						T3																												
			n.º fracções desta tipologia						1																												
			n.º ocupantes por fracção						4																												
			consumo diário por ocupante (litros)						40																												
temperaturas			jan		fev		mar		abr		mai		jun		jul		ago		set		out		nov		dez												
abastecimento de água			13		13		14		15		16		18		19		19		18		16		15		14		°C										
pretendida no consumo			51		51		51		51		51		51		51		51		51		51		51		51		°C										
energia diária			jan		fev		mar		abr		mai		jun		jul		ago		set		out		nov		dez												
segunda-feira			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
terça-feira			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
quarta-feira			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
quinta-feira			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
sexta-feira			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
sábado			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
domingo			7,1		7,0		6,8		6,7		6,5		6,1		5,9		6,0		6,1		6,4		6,7		6,9		kWh										
perfil de consumo			hora		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18										
(período diurno)			15%		15%		10%		.		.		.		5%		5%			10%										
hora			19		20		21		22		23		24		1		2		3		4		5		6												
(período nocturno)			15%		15%		10%											







Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2
<i>Aproveitamento do recurso solar</i>													
radiação solar directa													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m ² .dia
radiação solar global													
	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,8	7,1	6,8	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m ² .dia
<i>Desempenho energético</i>													
temperaturas													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	10	11	13	14	16	20	22	22	20	17	13	11	16 °C
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	19	18	16	15	14	16 °C
base do armazenamento	23	27	33	37	39	44	48	48	44	33	27	22	35 °C
topo do armazenamento	31	37	45	49	51	57	62	61	57	43	36	28	46 °C
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C
massas													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
extraída do armazenamento	159	157	149	143	140	131	121	121	129	153	158	160	143 litros/dia
nota: adicionada	1	3	11	17	20	29	39	39	31	7	2	0	17 litros/dia
balanços de energia													
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	216	302	502	631	783	866	903	788	584	384	243	169	6 371 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	343	439	630	691	762	801	854	826	711	523	383	266	7 227 kWh
energia solar captada	151	191	268	298	307	324	349	351	308	236	176	117	3 078 kWh
perdas térmicas no circuito primário	2	3	5	6	7	7	8	9	7	5	3	2	65 kWh
perdas térmicas no armazenamento	26	39	67	79	89	104	123	122	104	62	39	17	872 kWh
consumos eléctricos parasíticos	6	6	7	8	8	7	8	8	7	7	6	5	83 kWh
energia final (calor de origem solar)	124	159	223	235	257	271	293	294	257	196	145	96	2 549 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (eletricidade via SEP)	282	184	128	94	83	31	19	29	54	143	214	329	1 590 kWh
energia final (calor)	113	74	51	38	33	12	8	12	21	57	86	132	636 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	219	195	211	200	200	184	184	185	183	198	202	215	2 376 kWh
energia de origem solar (útil)	106	121	159	163	167	172	177	173	161	141	116	83	1 740 kWh
energia com origem no apoio (útil)	113	74	51	38	33	12	8	12	21	57	86	132	635 kWh
<i>Desempenho global do sistema</i>													
fracção solar	73% em termos de energia útil												
produtividade	446 kWh/m ² de colector												
i.e.	36% da produtividade limite dos colectores, 1250 kWh/m ²												
rendimento - definição física	35% em relação à energia solar no plano dos colectores												
rendimento - definição estatística	27% em relação à energia solar na horizontal												
perdas térmicas e consumos parasíticos	33% da energia solar captada												
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.													

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico													1/2
Sumário													
Instalação em Oliveira do douro (Vila Nova de Gaia)													
11 coletores Padrão REH													
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)													
Indicadores principais (sistema solar)													
» painel de 7,15 m ² (inclinação 35° e azimute 0°)													
Energia útil solicitada: 2 376 kWh													
rendimento: 27%													
» depósito de 300 l, modelo novo													
- satisfeitas por origem solar 2 187 kWh 92%													
de fração solar produtividade: 306 kWh/m ²													
- satisfeitas pelo apoio 189 kWh 8%													
perdas: 43%													
Local e clima													
NUTS III: Grande Porto Município: Vila Nova de Gaia Local: Oliveira do douro elevação: 94 m albedo: 20%													
obstruções do horizonte													
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S													
altura angular:													
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W													
altura angular:													
Configuração do sistema solar													
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 7,2 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 300 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.													
Circuito primário com 18 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 18 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.													
11 coletores Padrão REH.													
Área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m ² K e a2 = 0,014 W/m ² K ² , rendimento óptico = 73%.													
1 depósito de modelo novo, com capacidade 300 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 4,1 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 95°C.													
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.													
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 8 m entre depósito e pontos de consumo.													
Necessidades de energia													
Águas quentes sanitárias - padrão REH													
edifício:													
Residências													
n.º frações desta tipologia 1													
n.º ocupantes por fração 4													
consumo diário por ocupante (litros) 40													
temperaturas													
abastecimento de água													
pretendida no consumo													
jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez													
13 13 14 15 16 18 19 19 18 16 15 14 °C													
51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 °C													
energia diária													
segunda-feira													
terça-feira													
quarta-feira													
quinta-feira													
sexta-feira													
sábado													
domingo													
jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
7,1 7,0 6,8 6,7 6,5 6,1 5,9 6,0 6,1 6,4 6,7 6,9 kWh													
perfil de consumo													
hora													
(período diurno)													
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18													
15% 15% 10% . . . 5% . . . 10%													
hora													
(período nocturno)													
19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6													
15% 15% 10%													



Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2	
<i>Aproveitamento do recurso solar</i>														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)		0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m².dia
incidente nos colectores		1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m².dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera		4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)		1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m².dia
incidente nos colectores		2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,8	7,1	6,8	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m².dia
<i>Desempenho energético</i>														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente		10	11	13	14	16	20	22	22	20	17	13	11	16 °C
abastecimento de água		13	13	14	15	16	18	19	19	18	16	15	14	16 °C
base do armazenamento		19	33	48	52	53	62	64	58	54	44	36	23	46 °C
topo do armazenamento		57	71	84	83	92	88	96	102	87	81	65	50	80 °C
pretendida no consumo		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
extraída do armazenamento		128	113	96	92	82	79	73	70	84	99	119	140	98 litros/dia
nota: adicionada		32	47	64	68	78	81	87	90	76	61	41	20	62 litros/dia
balanços de energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
nota: radiação solar na horizontal		396	553	921	1 157	1 435	1 587	1 656	1 445	1 071	705	445	310	11 680 kWh
energia primária (radiação solar incidente)		628	804	1 155	1 266	1 397	1 469	1 566	1 514	1 304	958	702	488	13 250 kWh
energia solar captada		272	302	358	402	415	415	477	532	462	328	243	201	4 407 kWh
perdas térmicas no circuito primário		2	3	5	6	6	7	7	6	6	5	3	1	58 kWh
perdas térmicas no armazenamento		81	110	170	164	193	183	211	220	173	157	108	66	1 836 kWh
consumos eléctricos parasíticos		5	5	6	6	7	6	6	7	6	6	5	5	70 kWh
energia final (calor de origem solar)		277	279	296	277	333	318	340	395	362	286	219	199	3 580 kWh
- sistema de apoio		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária (eletricidade via SEP)		122	44	20	13	5	0	1	3	11	23	64	167	472 kWh
energia final (calor)		49	18	8	5	2	0	0	1	4	9	26	67	189 kWh
- circuito de distribuição		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
perdas térmicas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
- fornecimento de água quente		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
necessidades (consumo de energia útil)		219	195	211	200	200	184	184	185	183	198	202	215	2 376 kWh
energia de origem solar (útil)		170	177	203	195	199	184	184	183	178	189	176	148	2 187 kWh
energia com origem no apoio (útil)		49	18	8	5	2	0	0	1	4	9	26	67	189 kWh
<i>Desempenho global do sistema</i>														
fracção solar		92% em termos de energia útil												
produtividade		306 kWh/m² de coletor												
i.e.		24% da produtividade limite dos colectores, 1250 kWh/m²												
rendimento - definição física		27% em relação à energia solar no plano dos colectores												
rendimento - definição estatística		19% em relação à energia solar na horizontal												
perdas térmicas e consumos parasíticos		45% da energia solar captada												

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
Sumário																			
Instalação em Oliveira do douro (Vila Nova de Gaia) 8,8 m ² de módulos exemplo módulo PV montagem fixa com inclinação 35° e orientação 0°. Potência: 1,1 kW (nominal)																			
energia solar incidente: 15 781 kWh/ano				Índices de desempenho															
produção fotovoltaica potencial (DC): 1 874 kWh/ano				produtividade técnica: 1495 kWh/kW instalado															
perdas de sistema (DC): -50 kWh/ano				aproveitado: 607 kWh/kW instalado															
perdas e consumos parasíticos (AC): -76 kWh/ano				rendimento relativo: 88% (performance ratio)															
produção (AC): 1 680 kWh/ano				i.e. 10% da energia incidente															
autoconsumo (AC): 668 kWh/ano				necessidades cobertas: 42%															
Local e clima																			
NUTS III: Grande Porto		Município: Vila Nova de Gaia			Local: Oliveira do douro				elevação: Grande Porto m albedo: 5%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 7 módulos exemplo módulo PV (8,8 m ²) com inclinação 35° e orientação 0°. Potência nominal da instalação 1,1 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 35 V. Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,8% por ano (Informação não utilizada em cálculos). Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos. Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais. Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias. Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia). Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Consumos parasíticos: 0,00 kWh/ano para ventilação. Sem baterias. Sistema explorado em regime de autoconsumo.																			
Aproveitamento do recurso solar																			
radiação solar directa																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,9	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6 kWh/m ² .dia						
radiação solar global																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0 kWh/m ² .dia						
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,7 kWh/m ² .dia						
Desempenho energético																			
temperatura																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	20	17	13	11	16 °C						
nos módulos (média diurna)	31	32	35	34	36	40	44	49	49	44	40	32	39 °C						
energia																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
radiação solar incidente	751	961	1 377	1 505	1 658	1 743	1 861	1 802	1 556	1 144	840	582	15 781 kWh						
produção fotovoltaica (DC)	94	119	167	181	198	210	214	207	180	137	103	71	1 874 kWh						
perdas do sistema (DC)	-3	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-50 kWh						
consumos parasíticos (AC)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-13 kWh						
outras perdas (AC)	-3	-4	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-6	-5	-3	-2	-63 kWh						
produção disponível (AC)	84	106	150	163	177	189	192	186	161	123	92	63	1 680 kWh						
necessidades do edifício (AC)	134	121	134	130	134	134	134	134	130	134	130	134	1 580 kWh						
autoconsumo (AC)	40	45	58	61	68	69	71	68	59	52	42	33	668 kWh						
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	44	105	197	298	407	521	642	668	668	668	668	668	668 kWh						
Avaliação do desempenho																			
rendimento global:	10%	da energia incidente		produtividade técnica:	1495 kWh/kW instalado														
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.:	190 kWh/m ² instalado														
				exploração real:	607 kWh/kW instalado														
				(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e. 76 kWh/m ² instalado														
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																			
Potência do sistema:	1,1 kW	- deve ser menor que a potência contratada																	
1 680 kWh > 1 580 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo																		
Passível de remuneração:	668 kWh																		