



Influência das energias renováveis na certificação energética de uma habitação de acordo com o regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação

CARLOS LEANDRO RODRIGUES FREITAS

Novembro de 2015

Influência das energias renováveis na certificação
energética de uma habitação de acordo com o
regulamento do desempenho energético dos edifícios
de habitação

Carlos Leandro Rodrigues Freitas

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

2 de Novembro de 2015

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado
em Energias Sustentáveis

Candidato: Carlos Leandro Rodrigues Freitas, N° 1130168, 1130168@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva,
tis@isep.ipp.pt

Coorientadora: Isabel Maria Garcia Sarmiento Pereira, isp@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis
Departamento de Engenharia Mecânica



2 de Novembro de 2015

*Dedico esta dissertação, a todos aqueles que acreditaram em mim, sobretudo, à minha
família.*

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à pessoa que me orientou durante a elaboração desta dissertação, Engenheira Teresa Neto, por toda a sua disponibilidade e conhecimentos transmitidos, pois foram uma mais valia na realização desta dissertação.

Em segundo lugar, agradeço à minha família, sobretudo aos meus pais e irmã, por todo o incentivo que me deram e por nunca terem deixado de acreditar que seria capaz de ir mais além.

Em terceiro lugar, à minha companheira, por toda a paciência e disponibilidade para me ajudar, ao longo desta caminhada.

E por fim, mas não menos importante, aos meus amigos, pela cooperação prestada para a conclusão do Mestrado em Energias Sustentáveis.

Um MUITO obrigado a todos!

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo principal o estudo da importância que os sistemas de energias renováveis têm na obtenção da classe de eficiência energética em edifícios de habitação. Analisou-se assim, qual dos sistemas apresentados na legislação é mais vantajoso na relação entre a classe energética e o investimento necessário a efetuar.

Como caso de estudo, utilizou-se um edifício de habitação em fase de projeto situada em ambiente urbano, a uma distância muito curta da costa marítima, no distrito do Porto. A primeira etapa da dissertação passou pela caracterização do edifício, determinando as suas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento, para arrefecimento, para preparação de águas quentes sanitárias e por fim, as necessidades nominais de energia primária. Com isto, obteve-se a classe de eficiência energética da habitação sem a utilização de qualquer tipo de sistema de aproveitamento de energia renovável.

Após esta obtenção, verificou-se que o edifício em análise já possuía uma classe muito eficiente, classe A, superior à classe mínima exigida pelo regulamento, B⁻. A desvantagem do edifício já possuir esta classe é que a implementação de sistemas de energia não iriam alterar drasticamente a classe, e por isso, não se iria conseguir retirar uma dedução correta de qual o melhor para promover a eficiência energética.

De seguida, procedeu-se ao estudo dos sistemas de energia renovável, apresentando sistemas adequados para a habitação e calculando-se as novas classes de eficiência energética, com a utilização de cada sistema. Consecutivamente, começou-se a retirar ilações dos sistemas mais eficientes, ou seja, os sistemas que tem como função aquecer a moradia ou a função de preparar águas quentes sanitárias, pois, iriam mitigar necessidades nominais de energia, enquanto os sistemas de produção de energia elétrica apenas iriam contribuir para uma melhoria energética.

Outra desvantagem verificada foi que, devido ao local onde a habitação se situa, não seria possível efetuar uma análise a todos os sistemas de aproveitamento de energia renovável.

Por fim, efetuou-se uma análise dos investimentos necessários para a implementação dos sistemas de energias renováveis face às diminuições percentuais do rácio de eficiência energética.

Posto isto, obteve-se os melhores sistemas a implementar na moradia, no ponto de vista de melhorar a classe de eficiência energética, seria uma caldeira a *pellets* com função de aquecimento e produção de águas quentes sanitárias, enquanto que, do ponto de vista financeiro obteve-se o sistema de aquecimento e produção de águas quentes sanitárias através de um recuperador de calor a lenha, que em ambos os casos a classe de eficiência energética passou de A para A⁺.

Palavras-Chave

Classe de eficiência energética, energias renováveis, rácio de eficiência energética, necessidades nominais de energia.

Abstract

This dissertation has as main objective of study the importance that renewable energy systems have in achieving energy efficiency class for residential buildings. Analyzed if so, which system is shown in more advantageous in law relationship between power class and the investment required to perform.

As a case study, we used a housing building in design stage, located in an urban environment, a very short distance from de coastline, in the city of Porto. The first stage of the dissertation went through the characterization of the building, determining their nominal annual energy need for heating, cooling, preparation of hot water, and finally, the nominal needs of primary energy. As a result, the energy efficiency class of the house was obtained without the use of any type of renewable energy systems.

After this achievement, it was found that the building in question already had a very effective class, class A, class higher than the minimum required by the regulation, B⁻. The disadvantage of the building already has this class is that the implementation of energy systems would not drastically change the class, and so it would not be able to take a correct deduction of how best system to promote energy efficiency.

Then we preceded to the study of renewable energy systems, with systems suitable for case study and calculating the new energy efficiency classes with the use of each system. Consecutively, began to draw conclusions of the most efficient systems, so, systems whose function is to heat the house or the task of preparing hot water, then, would mitigate nominal energy needs, while energy production systems electric would only contribute to an energy improvement.

Another disadvantage observed was that due to where the house is located, it would not be possible to carry out an analysis to all renewable energy utilization systems.

Finally, we performed an analysis of the investments required for the implementation of renewable energy systems compared to the percentage decreases the energy efficiency ratio.

That said, the best systems was obtained to implement the housing, in view of improving the energy efficiency class, it would be a boiler to pellets with heating function and production of hot water, while, from a financial point of view obtained the heating system and hot water production through a wood-burning stove, which in both cases the energy efficiency class increased from A to A⁺.

Keywords

Energy efficiency class, renewable energy, energy efficiency ratio, nominal energy needs.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
NOMENCLATURA	1
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.2. OBJETIVOS	11
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	12
2. ENQUADRAMENTO LEGAL	13
3. CASO DE ESTUDO	18
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	18
3.2. LEVANTAMENTO DIMENSIONAL	23
3.3. ZONA CLIMÁTICA	24
3.4. DELIMITAÇÃO DA ENVOLVENTE	27
3.5. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	32
3.6. RENOVAÇÃO DO AR INTERIOR	41
3.7. NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO	43
3.8. NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO	52
3.9. ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE AQS	57
3.10. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	58
4. ENERGIAS RENOVÁVEIS	64
4.1. SISTEMA SOLAR TÉRMICO	65
4.2. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	69
4.3. SISTEMAS EÓLICOS	73
4.4. BIOMASSA	76
5. ANÁLISE ECONÓMICA	84
6. CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	90

ANEXO A. CASO DE ESTUDO	93
ANEXO B. DELIMITAÇÃO DA ENVOLVENTE.....	98
ANEXO C. REQUISITOS MÍNIMOS DE QUALIDADE TÉRMICA E INÉRCIA TÉRMICA	100
ANEXO D. RENOVAÇÃO DO AR INTERIOR	107
ANEXO E. NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO.....	109
ANEXO F. NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO	120
ANEXO G. ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE AQS	127
ANEXO H. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	128
ANEXO I. SISTEMA SOLAR TÉRMICO.....	131
ANEXO J. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	139
ANEXO K. SISTEMA EÓLICO	141
ANEXO L. BIOMASSA	143

Índice de Figuras

Figura 1	Distribuição do consumo de energia por setor de atividade em 2012.....	10
Figura 2	Distribuição das classes de eficiência energética.....	11
Figura 3	Alçado noroeste, fachada frontal da habitação.....	19
Figura 4	Cave.....	20
Figura 5	Rés do chão.....	21
Figura 6	1º Andar.....	22
Figura 7	Zonas climáticas de inverno e de verão em Portugal continental.....	24
Figura 8	Esquema das áreas de separação da lavandaria com espaços úteis e com o exterior ...	28
Figura 9	Esquema das áreas de separação da garagem com espaços úteis e com o exterior	29
Figura 10	Delimitação da envolvente da cave.....	30
Figura 11	Delimitação da envolvente do rés do chão.....	31
Figura 12	Delimitação da envolvente do 1º andar.....	32
Figura 13	Determinação do ângulo de sombreamento de um obstáculo vertical.....	40
Figura 14	Determinação do ângulo de sombreamento de um obstáculo horizontal.....	41
Figura 15	Classes de eficiência energética.....	63
Figura 16	Classe de eficiência energética com sistema solar térmico.....	69
Figura 17	Produção estimada vs consumo estimado.....	72
Figura 18	Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico.....	73
Figura 19	Classe de eficiência energética com sistema eólico.....	76
Figura 20	Classe de eficiência energética com sistemas de queima de biomassa.....	83
Figura 21	Investimento por ponto percentual.....	85
Figura 22	Localização terrestre da habitação.....	93
Figura 23	Pormenor construtivo da cobertura em contacto com o exterior.....	94
Figura 24	Pormenor construtivo de pavimentos sobre espaços não úteis.....	94
Figura 25	Pormenor construtivo de pavimentos sobre o exterior.....	94
Figura 26	Pormenor construtivo de pavimentos enterrados e pavimentos térreos.....	95
Figura 27	Pormenor construtivo de paredes em contacto com o exterior.....	95
Figura 28	Pormenor construtivo de paredes em contacto com espaços não úteis.....	96
Figura 29	Pormenor construtivo de paredes em contacto o solo.....	96
Figura 30	Pormenor construtivo de paredes em contacto com edifícios adjacentes.....	97
Figura 31	Delimitação da envolvente do corte C1.....	98
Figura 32	Delimitação da envolvente do corte C2.....	98
Figura 33	Delimitação da envolvente do corte C3.....	99
Figura 34	Características técnicas do módulo fotovoltaico <i>Kioto Solar 250 Wp</i>	139

Figura 35	Características técnicas do aerogerador T12/1000	141
Figura 36	Características técnicas da caldeira <i>Hidrapellets</i> 24	143
Figura 37	Características técnicas do recuperador de calor hidráulico Panorâmico 1050.....	144

Índice de Tabelas

Tabela 1	Levantamento das áreas de pavimento	23
Tabela 2	Levantamento das áreas, perímetros e orientações dos vãos envidraçados.....	23
Tabela 3	Critério para a determinação da zona climática de inverno.....	25
Tabela 4	Critério para a determinação da zona climática de verão	25
Tabela 5	Parâmetros climáticos de inverno relativos à região do Grande Porto.....	26
Tabela 6	Parâmetros climáticos reais de inverno relativos à região do Grande Porto	26
Tabela 7	Parâmetros climáticos de verão relativos à região do Grande Porto	26
Tabela 8	Coefficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr}	28
Tabela 9	Resistências térmicas superficiais	33
Tabela 10	Coefficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis.....	35
Tabela 11	Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados.....	36
Tabela 12	Coefficientes de transmissão térmica superficial da envolvente opaca.....	36
Tabela 13	Coefficientes de transmissão térmica superficial da envolvente em contacto com o solo	37
Tabela 14	Coefficientes de transmissão térmica superficial dos elementos de passagem.....	38
Tabela 15	Caracterização da envolvente envidraçada.....	39
Tabela 16	Requisitos mínimos de qualidade térmica dos vãos envidraçados	39
Tabela 17	Correção dos fatores solares dos vãos envidraçados	40
Tabela 18	Taxa de renovação do ar interior	43
Tabela 19	Fator de orientação para as diferentes exposições.....	50
Tabela 20	Verificação regulamentar na estação de aquecimento.....	51
Tabela 21	Verificação regulamentar na estação de arrefecimento.....	57
Tabela 22	Nova verificação regulamentar na estação de arrefecimento	57
Tabela 23	Verificação regulamentar das necessidades de energia primária	62
Tabela 24	Características técnicas do coletor solar padrão	66
Tabela 25	Consumos de água quente sanitária.....	66
Tabela 26	Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada ..	67
Tabela 27	Características técnicas dos coletores solares da marca “Solius”	67
Tabela 28	Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada ..	68
Tabela 29	Classe de eficiência energética com sistema solar térmico	68
Tabela 30	Principais características dos módulos fotovoltaicos <i>Kioto Solar</i>	70
Tabela 31	Produção do sistema fotovoltaico e consumo elétrico da habitação	71

Tabela 32	Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico com função de produção de energia elétrica.....	72
Tabela 33	Principais características do aerogerador T12/1000.....	75
Tabela 34	Contribuição do aerogerador com função produção de energia elétrica para a determinação da classe energética.....	75
Tabela 35	Classe de eficiência energética com aerogerador com função de produção de energia elétrica	75
Tabela 36	Principais características da caldeira <i>Hidrapellets</i>	78
Tabela 37	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> com função de aquecimento para a determinação da classe energética.....	78
Tabela 38	Classe de eficiência energética com caldeira a <i>pellets</i> com função de aquecimento ...	79
Tabela 39	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> com função de preparação de AQS para a determinação da classe energética.....	80
Tabela 40	Classe de eficiência energética com caldeira a <i>pellets</i> com função de preparação de AQS	80
Tabela 41	Principais características do recuperador de calor Panorâmico 1050.....	81
Tabela 42	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> e do recuperador de calor com funções de aquecimento central e preparação de AQS para a determinação da classe energética	82
Tabela 43	Classe de eficiência energética com caldeira a <i>pellets</i> ou recuperador de calor com função de aquecimento central e preparação de AQS	83
Tabela 44	Investimentos necessários a instalação de cada sistema e diminuição percentual	84
Tabela 45	Coeficiente de transmissão térmica superficial de uma parede exterior.....	100
Tabela 46	Coeficiente de transmissão térmica superficial de um pavimento exterior	100
Tabela 47	Coeficiente de transmissão térmica superficial da cobertura	101
Tabela 48	Coeficiente de transmissão térmica superficial da parede em contacto com edifício adjacente	101
Tabela 49	Coeficiente de transmissão térmica superficial da parede em contacto com espaços não úteis	101
Tabela 50	Coeficiente de transmissão térmica superficial do pavimento em contacto com espaços não úteis.....	102
Tabela 51	Coeficiente de transmissão térmica superficial dos pilares em contacto com o exterior	102
Tabela 52	Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com o exterior	102
Tabela 53	Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas de cobertura (horizontais)	103
Tabela 54	Coeficiente de transmissão térmica superficial dos pilares em contacto com espaços não úteis	103
Tabela 55	Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com espaços não úteis	103

Tabela 56	Coefficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com edifício adjacente	104
Tabela 57	Coefficiente de transmissão térmica superficial dos elementos em contacto com o solo	104
Tabela 58	Coefficiente de transmissão térmica superficial dos vãos envidraçados	104
Tabela 59	Requisitos mínimos de qualidade térmica dos vãos envidraçados	105
Tabela 60	Inércia térmica do edifício.....	106
Tabela 61	Enquadramento do edifício	107
Tabela 62	Permeabilidade ao ar da envolvente.....	107
Tabela 63	Aberturas de admissão de ar na envolvente	108
Tabela 64	Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ <i>ventax</i> que não obturam o escoamento de ar pela conduta.....	108
Tabela 65	Taxas de renovação do ar interior	108
Tabela 66	Coefficiente de transferência de calor pela envolvente exterior.....	109
Tabela 67	Coefficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com edifício adjacente	110
Tabela 68	Coefficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com o solo	110
Tabela 69	Coefficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto espaços não úteis	111
Tabela 70	Coefficiente de transferência de calor por transmissão global na estação de aquecimento	111
Tabela 71	Coefficiente de transferência de calor por transmissão global de referência na estação de aquecimento.....	112
Tabela 72	Coefficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento	113
Tabela 73	Coefficiente de transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento	113
Tabela 74	Ganhos térmicos internos brutos na estação de aquecimento	114
Tabela 75	Ganhos solares brutos na estação de aquecimento	115
Tabela 76	Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento	116
Tabela 77	Ganhos térmicos brutos de referência na estação de aquecimento.....	116
Tabela 78	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	116
Tabela 79	Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento.....	117
Tabela 80	Fator de utilização dos ganhos e ganhos térmicos totais úteis na estação de aquecimento	117
Tabela 81	Necessidades nominais anuais, de energia útil para aquecimento.....	117
Tabela 82	Coefficiente de transferência de calor de referência na estação de aquecimento	118
Tabela 83	Transferência de calor de por transmissão de referência na estação de aquecimento	118
Tabela 84	Transferência de calor de por ventilação de referência na estação de aquecimento ..	118
Tabela 85	Ganhos térmicos totais úteis de referência na estação de aquecimento	119
Tabela 86	Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento	119

Tabela 87	Verificação dos requisitos na estação de aquecimento.....	119
Tabela 88	Coeficiente de transferência de calor de por transmissão na estação de arrefecimento	120
Tabela 89	Coeficiente de transferência de calor de por ventilação na estação de aquecimento .	120
Tabela 90	Ganhos solares pela envolvente envidraçada na estação de arrefecimento	121
Tabela 91	Ganhos solares pela envolvente opaca na estação de arrefecimento	122
Tabela 92	Ganhos solares brutos na estação de arrefecimento	122
Tabela 93	Ganhos internos brutos na estação de arrefecimento.....	123
Tabela 94	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.....	123
Tabela 95	Ganhos térmicos brutos de referência na estação de arrefecimento	123
Tabela 96	Coeficiente de transferência de calor na estação de arrefecimento	124
Tabela 97	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento.....	124
Tabela 98	Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento	124
Tabela 99	Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento	125
Tabela 100	Necessidades nominais anuais, de energia útil para arrefecimento	125
Tabela 101	Fator de utilização dos ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento....	125
Tabela 102	Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para arrefecimento.....	125
Tabela 103	Verificação dos requisitos na estação de arrefecimento	126
Tabela 104	Necessidades anuais nominais de energia, para preparação de AQS	127
Tabela 105	Necessidades nominais anuais de energia primária.....	128
Tabela 106	Necessidades nominais anuais máximas de energia primária	129
Tabela 107	Determinação da classe de eficiência energética do edifício.....	130
Tabela 108	Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico termossifão	137
Tabela 109	Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico de circulação forçada	138
Tabela 110	Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar fotovoltaico	140
Tabela 111	Classe de eficiência energética do edifício com sistema eólico	142
Tabela 112	Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento através de caldeira a <i>pellets</i>	145
Tabela 113	Classe de eficiência energética do edifício com sistema de preparação de AQS através de caldeira a <i>pellets</i>	146
Tabela 114	Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de caldeira a <i>pellets</i>	147
Tabela 115	Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de recuperador de calor a lenha.....	148

Nomenclatura

Caracteres Romanos

- a – Correção do parâmetro climático (X) em função da altitude do local (Z)
- A_{env} – Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento
- A_i – Área dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil
- A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior
- A_p – Área interior útil de pavimento
- A_{pav} – Área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s)
- A_s – Área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa
- A_u – Área dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior
- B' – Dimensão característica do pavimento
- B_j – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear j , medido pelo interior
- b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis
- D – Largura ou profundidade do isolamento
- e_j – Espessura do elemento j
- $E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável, incluindo apenas energia consumida
- F – Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas
- f – Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem

aberturas de ventilação permanentemente abertas

- $F(i)$ – Número de horas de vento na classe “ i ”
- $f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k
- f_{eh} – Fator de eficiência hídrica
- F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício
- F_g – Fração envidraçada do vão envidraçado
- $f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k
- F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, incluindo palas e varandas
- $F_{pu,j}$ – Fator de conversão de energia útil em energia primária
- $F_{pu,p}$ – Fator de conversão de energia útil em energia primária
- $f_{r,a}$ – Influência se o sistema é ou não instalado em espaço interior útil, condicionando o ambiente do mesmo
- $F_{s,i}$ – Fator de obstrução do vão envidraçado
- $f_{v,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k
- GD – Número de graus-dia, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento
- G_{Sul} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul
- g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados

- $g_{T,max}$ – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados
- $g_{v,ref}$ – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento
- H_{adj} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes
- $H_{adj,ref}$ – Coeficiente de transferência de calor de referência, através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes
- H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o solo
- $H_{ecs,ref}$ – Coeficiente de transferência de calor de referência, através de elementos da envolvente em contacto com o solo
- H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis
- $H_{enu,ref}$ – Coeficiente de transferência de calor de referência, através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis
- H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior
- $H_{ext,ref}$ – Coeficiente de transferência de calor de referência, através de elementos da envolvente em contacto com o exterior
- $H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento
- $H_{tr,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento
- $H_{ve,i}$ – Coeficiente de transferência de calor por ventilação, na estação de aquecimento
- $H_{ve,v}$ – Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de

arrefecimento

- I_{SOL} – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e colaterais
- $I_{Sol,ref}$ – Radiação solar média de referência
- M – Duração da estação de aquecimento
- M_{AQS} – Consumo médio diário de referência
- n – Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma
- $NEP's$ – Horas anuais equivalentes à potência nominal da turbina
- N_i – Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento
- N_{ic} – Necessidades nominais anuais, de energia útil para aquecimento
- N_{tc} – Necessidades nominais anuais de energia primária
- N_v – Necessidades nominais anuais, máximas de energia útil para arrefecimento
- N_{vc} – Necessidades nominais anuais, de energia útil para arrefecimento
- P – Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total da parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior
- $P(i)$ – Potência média do aerogerador na classe “i”
- P_d – Pé-direito médio da fração
- P_j – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo j
- P_{nom} – Potência nominal da turbina
- Q_a – Necessidades nominais anuais, de energia útil para preparação de AQS
- Q_{gv} – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

- $Q_{g,v,ref}$ – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento
- $Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis
- $Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento
- $Q_{int,v}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de arrefecimento
- $Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar através dos vãos envidraçados, na estação de aquecimento
- $Q_{sol,i,ref}$ – Ganhos térmicos de referência associados ao aproveitamento da radiação solar através dos vãos envidraçados, na estação de aquecimento
- $Q_{sol,v}$ – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior, opaca e envidraçada, na estação de arrefecimento
- $Q_{tr,i}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de arrefecimento
- $Q_{tr,v}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de aquecimento
- Q_{usable} – Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor
- $Q_{ve,i}$ – Perdas de calor por renovação do ar na estação de aquecimento
- $Q_{ve,v}$ – Perdas de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento
- R_f – Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais
- R_j – Resistência térmica do elemento j
- R_{ph} – Taxa de renovação horária de ar interior
- $R_{ph,min}$ – Taxa de renovação horária mínima de ar interior

- R_{se} – Resistência térmica exterior
- R_{si} – Resistência térmica interior
- SPF – Fator médio de desempenho sazonal estimado para as referidas bombas de calor
- U – Coeficiente de transmissão térmica superficial
- $U_{bf,i}$ – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado i
- $U_{bf,i,ref}$ – Coeficiente de transmissão térmica de referência do pavimento enterrado i
- $U_{bw,j}$ – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo j
- $U_{bw,j,ref}$ – Coeficiente de transmissão térmica de referência da parede em contacto com o solo j
- U_{max} – Coeficiente de transmissão térmica superficial máximo
- U_{REF} – Coeficiente de transmissão térmica superficial de referência
- U_w – Coeficiente de transmissão térmica superficial de um vão envidraçado
- V_{enu} – Volume do espaço não útil
- W_{vm} – Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores
- X – Parâmetro climático
- X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições
- X_{REF} – Parâmetro climático de referência
- Z – Altitude do local
- Z' – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo
- Z_j – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo j

Z_{REF} – Altitude do local de referência

ΔT – Aumento de temperatura necessário para preparação de AQS

Caracteres Gregos

Λ_j – Condutibilidade térmica do elemento j

$\Psi_{j,ref}$ – Coeficiente de transmissão térmica linear de referência da ponte térmica linear j

Ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j

$\eta_{i,ref}$ – Fator de utilização dos ganhos de referência na estação de aquecimento

η_i – Fator de utilização dos ganhos na estação de aquecimento

$\eta_{k,ref}$ – Eficiência de referência do sistema k

η_k – Eficiência do sistema k

$\eta_{v,ref}$ – Fator de utilização dos ganhos de referência na estação de arrefecimento

η_v – Fator de utilização dos ganhos na estação de arrefecimento

$\theta_{ext,i}$ – Temperatura exterior média na estação de aquecimento

$\theta_{ext,v}$ – Temperatura exterior média na estação de arrefecimento

$\theta_{v,ref}$ – Temperatura interior de referência na estação de arrefecimento

$\Delta\theta$ – Diferença entre temperatura interior e exterior

α – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

γ – Relação entre ganhos e perdas

Operadores

Σ – Somatório

Δ – Diferença

Abreviaturas

ADENE – Agência para a energia

AQS – Águas quentes sanitárias

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

ITE 50 – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NQNE – Necessidades quase nulas de energia

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

RECS – Regulamento do desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços

REH – Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética

SERUP – Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção

UE – União Europeia

1. Introdução

O presente capítulo tem como objetivo traduzir a contextualização desta dissertação, informar quais os objetivos a alcançar durante a sua realização e, por fim, apresentar uma breve descrição dos capítulos seguintes.

1.1. Contextualização

A energia tornou-se num bem essencial à nossa sociedade, ela é necessária para o nosso conforto e bem-estar dentro das nossas casas ou noutros edifícios que ocupamos. Como a maior parte da energia que utilizamos provém dos combustíveis fósseis que são fontes de energia não renováveis, e, com as preocupações ambientais associadas a esse fator, foi introduzido o conceito de eficiência energética dos edifícios que assenta em princípios de racionalização e otimização da energia gasta nos edifícios, seja qual for a sua proveniência.

Segundo dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) do ano de 2012, os edifícios resultam em cerca de 30% do consumo de energia em Portugal, sendo que 17% desse consumo é referente ao consumo doméstico, e o restante ao consumo de edifícios de serviços, tal como mostra a Figura 1.

Distribuição do consumo de energia por sector em 2012 (%)

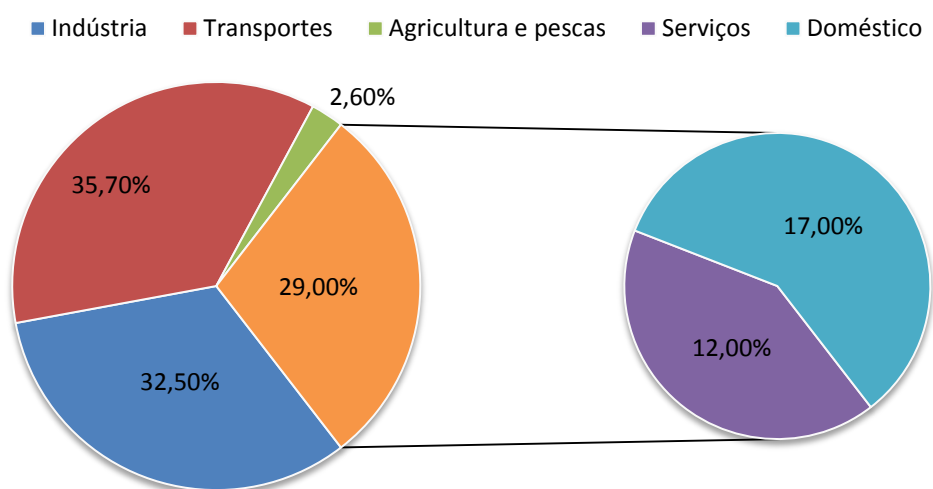


Figura 1 Distribuição do consumo de energia por setor de atividade em 2012

Associando esta distribuição do consumo de energia às fontes provenientes verifica-se que, o consumo de produtos petrolíferos, mesmo que tenha diminuído de 2011 para 2012, representa 48% da proveniência de energia [1]. O objetivo passa por continuar a diminuir a dependência do petróleo e dos seus derivados, optando-se por energia de fonte renovável.

Em relação aos edifícios, segundo valores obtidos entre 1 de dezembro de 2013 e 30 de junho de 2014 pela Agência para a Energia (ADENE), a classe média de eficiência energética dos edifícios é a C, sendo inferior à classe mínima exigida atualmente para edifícios de que cumpram a legislação, B⁻. Como se pode ver na Figura 2, a segunda classe de eficiência energética mais comum é a D, com 26,6%, de segunda a E, com 14,1% e a B⁻ com 9,9%. Os edifícios com melhor classe de eficiência, A⁺, apenas representam 0,9% dos certificados energéticos emitidos durante este período [2].

Distribuição das classes de eficiência energética

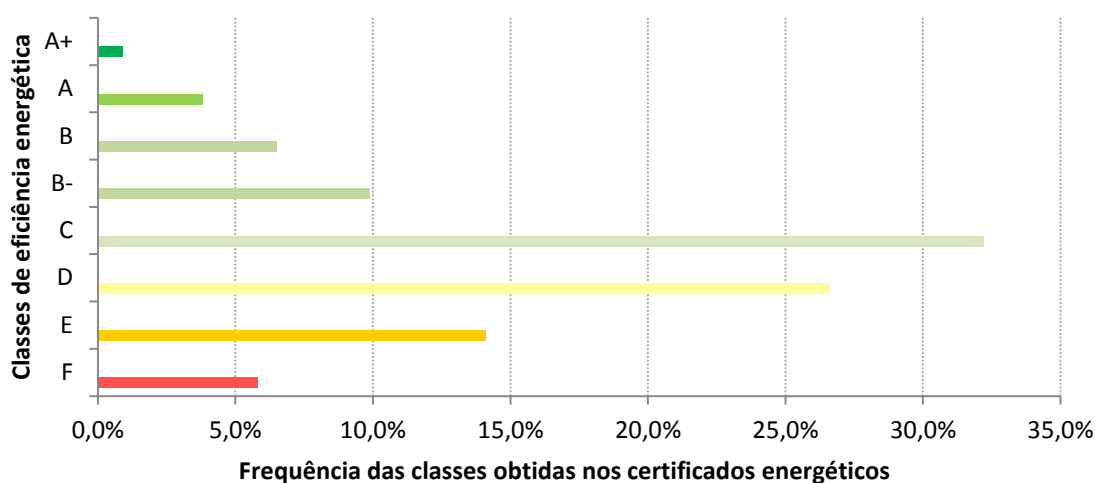


Figura 2 Distribuição das classes de eficiência energética

Com a implementação da certificação energética nos edifícios, estes valores de consumo de energia final têm vindo a diminuir e conseqüentemente a obtenção de melhores classes de eficiência energética, pois, o regulamento baseia-se numa cultura de eficiência energética, estabelecendo requisitos mínimos de qualidade, com o intuito de satisfazer as condições de conforto térmico, qualidade do ar interior e a preparação de águas quentes sanitárias sem a utilização excessiva de energia. Procura também incentivar o uso de energias renováveis, valorizando-o na classe energética final do edifício.

É na valorização da utilização de fontes de energias renováveis, que se centra esta dissertação, de modo a estudar a valorização por cada tipo de recurso renovável, obtendo-se assim, qual o mais valorizado pelo REH.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste projeto é avaliar o diferente impacto que as energias renováveis têm na certificação de uma habitação conforme o Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto. Para ser possível realizar esta análise, existe a necessidade de desenvolver as seguintes etapas:

- Estudar o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto e diplomas complementares, regulamento do desempenho energético de edifícios de habitação (REH);
- Avaliar o desempenho energético de uma habitação sem a existência de energias renováveis instaladas;
- Estudar o impacto das energias renováveis na certificação energética deste caso de estudo.

1.3. Organização do relatório

Além deste primeiro capítulo (capítulo 1), existem ainda mais 5 capítulos diferentes, sendo que o último diz respeito às conclusões a retirar com a elaboração deste trabalho.

O capítulo 2, diz respeito ao enquadramento legal, explicitando os diferentes regulamentos que já existiram, sendo o principal foco o REH.

O capítulo 3, apresenta a aplicação do regulamento do desempenho energético de edifícios de habitação, a um caso de estudo, em que o principal objetivo é obter a classe de eficiência energética do edifício em análise e, por isso, obter o ponto de partida para a caracterização do objetivo desta dissertação.

No capítulo 4, é feita uma análise às possíveis energias renováveis que podem ser aplicadas no edifício em questão, bem como, uma análise da contribuição que cada uma tem na determinação da classe de eficiência energética.

Por último, o capítulo 5, tem como função uma análise económica dos sistemas, com o intuito de determinar, se a aplicação do sistema de energia renovável é vantajoso a nível económico-financeiro, e por fim, uma reflexão face aos resultados obtidos.

2. Enquadramento legal

O início da certificação energética em Portugal deu-se no ano de 1990, quando foi lançado o Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro, designado por RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), com o principal objetivo de dar o primeiro passo para a introdução de aspetos térmicos/energéticos na fase de projecto de edifícios. Teve também como objectivos principais, a introdução do modo do conforto térmico sem consumos excessivos de energia e a introdução de requisitos mínimos para a envolvente, nomeadamente, os coeficientes de transmissão térmica máximos para minimizar condensações interiores e os sombreamentos mínimos, de modo a evitar sobreaquecimentos significativos no verão. Foi, deste modo, o primeiro regulamento europeu com requisitos obrigatórios para a estação de aquecimento [3].

Apesar de ter sido o primeiro regulamento, implicou alterações significativas nos processos construtivos, nomeadamente a implementação de isolamento térmico na envolvente.

O regulamento deveria ter sido revisto no prazo de 5 anos, o que não aconteceu. Houve também outros aspetos que ocorreram durante a sua implementação e que contribuíram para alguns problemas de aplicabilidade, tais como: a fiscalização era inexistente na fase de projeto e de construção, bem como, não existia muitas vezes compatibilidade entre as diferentes especialidades. No entanto, o mercado de construção civil em Portugal tornou-se

mais exigente do que a própria legislação e já-se implementava mais isolamento térmico do que aquele que o regulamento previa. Após 16 anos, surgiu o novo regulamento, o Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril, igualmente designado por RCCTE [4].

No final do século XX, com a assinatura do Tratado de Quioto, houve necessidade de reduzir a emissão de gases com efeito de estufa e, portanto, reduzir assim as necessidades energéticas dos edifícios, pois na europa, estes eram responsáveis por mais de 40% dos cosnusmos. Posto isto, surgiu a diretiva europeia nº 2002/91/CE de 16 de dezembro de 2001, sobre o desempenho energético dos edifícios, que obrigava que, todos os estados membros da UE, até dia 4 de janeiro de 2006, cumprissem as seguintes condições:

- Imposição de requisitos mínimos para novos edifícios;
- Imposição de requisitos mínimos para reabilitações importantes de edifícios existentes (1000 m²);
- Introdução da certificação energética obrigatória dos edifícios;
- Qualificação profissional dos técnicos necessários para a certificação.

Estes requisitos deveriam ser revistos de forma periódica, no máximo de 5 em 5 anos, e deveria garantir-se que os edifícios cumprissem todos os requisitos antes da concessão da licença de utilização [4].

Com esta diretiva surgiram, em Portugal, os seguintes diplomas, o Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de abril, que corresponde ao Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de abril, correspondendo ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), e por fim, o já referenciado, o Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [4].

No dia 19 de maio de 2010, surgiu a nova diretiva relativa aos desempenhos energéticos dos edifícios, a Diretiva nº 2010/31/UE, com o objetivo de clarificar alguns princípios presentes na primeira diretiva e reforçar o quadro da promoção do desempenho energético dos edifícios, de acordo com as metas estabelecidas pelos Estados-Membros para 2020 [4].

Esta nova diretiva foi transportada para a legislação nacional em dois diplomas, o Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, englobando o SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e por fim, o Decreto-Lei nº 58/2013, de 20 de agosto, apresentando os requisitos de acesso e de exercício da atividade de técnicos de instalação e manutenção e peritos qualificados [4].

Com estes novos documentos procurou-se:

- Melhorar a aplicação do SCE;
- Alinhar os requisitos nacionais às imposições da diretiva;
- Publicar num único diploma o SCE, REH e para o RECS;
- Definir requisitos específicos para os edifícios novos, edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios existentes.
- Definir a evolução dos requisitos até 2020, de forma a permitir a adaptação do mercado e a renovação do parque edificado;
- Impor requisitos técnicos dos sistemas;
- Incentivar a utilização de sistemas passivos;
- Definir o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia, NQNE, que se tornará no padrão da nova construção, a partir de 2020;
- Clarificar a atuação dos diferentes técnicos e entidades envolvidas com vista ao controlo e verificação de qualidade no âmbito do SCE.

O Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto, necessita para ser aplicado de cinco portarias e dez despachos, sendo eles os seguintes:

- Portaria 349-A/2013, de 29 de novembro, apresentando as competências da entidade gestora do SCE, que regulamenta as atividades dos técnicos de SCE, estabelece categorias de edifícios, estabelece os tipos de pré-certificados e certificados e a responsabilidade para a sua emissão, fixa as taxas de registo no

SCE, estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação, e por fim, apresenta os elementos que deverão constar no relatório e no registo dos peritos qualificados;

- Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, que estabelece a metodologia de cálculo para a determinação da classe energética de referência, definindo também os requisitos de comportamento e eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos ou sujeitos a grandes intervenções;
- Portaria 349-C/2013, de 2 de dezembro, que apresenta os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas ou de autorização de utilização;
- Portaria 349-D/2013, de 2 de dezembro, que define os requisitos relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e dos existentes;
- Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, que define os valores mínimos de caudal de ar novo, limiares de proteção e condições de referência para poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços;
- Despacho 15793-C/2013, de 3 de dezembro, em que é publicado os modelos dos diferentes tipos de pré-certificados e certificados do SCE para edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e dos existentes;
- Despacho 15793-D/2013, de 3 de dezembro, que define os fatores de conversão de energia útil em energia primária;
- Despacho 15793-E/2013, de 3 de dezembro, que estabelece regras de simplificação para edifícios sujeitos a grandes intervenções ou existentes;
- Despacho 15793-F/2013, de 3 de dezembro, que define os parâmetros para zoneamento climático e dados climáticos;
- Despacho 15793-G/2013, de 3 de dezembro, que apresenta os elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no PM e respetiva terminologia;

- Despacho 15793-H/2013, de 3 de dezembro, que apresenta a metodologia de cálculo dos contributos de cada sistema de aproveitamento de fontes de energia renováveis;
- Despacho 15793-I/2013, de 3 de dezembro, que apresenta a metodologia de cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de aquecimento, arrefecimento, preparação de águas quentes sanitárias e das necessidades nominais anuais, de energia primária;
- Despacho 15792-J/2013, de 3 de dezembro, que estabelece as regras de determinação da classe de eficiência energética;
- Despacho 15793-K/2013, de 3 de dezembro, que expõe os parâmetros térmicos necessários para os cálculos;
- Despacho 15793-L/2013, de 3 de dezembro, que exhibe a metodologia de apuramento da viabilidade económica na utilização de determinadas medidas de eficiência energética.

Com o auxílio destas portarias e despachos, é então possível o estudo e a certificação energética de edifícios de habitação.

3. Caso de estudo

Para se proceder ao estudo do impacto que as energias renováveis têm na certificação energética de uma habitação é necessário um caso de estudo verídico. Este estudo divide-se em várias etapas, sendo que a primeira passa por avaliar o desempenho da habitação sem a existência de qualquer tipo de energia renovável. Os valores assim obtidos foram considerados como o desempenho de referência, sendo depois efetuadas várias simulações com a contribuição de diferentes tipos de energia renovável. Deste modo, foi possível parametrizar a influência da contribuição de cada fonte de energia na classe de eficiência energética.

3.1. Caracterização do edifício

O caso de estudo caracteriza-se por ser um edifício de habitação localizado em pleno ambiente urbano na cidade do Porto, na estrada da circunvalação, a cerca de 1,5 km da costa marítima. É constituído por 3 pisos, a cave, o rés do chão e o 1º andar. Tem uma área de pavimento de 279,68 m², sendo que apenas 237,12 m² diz respeito a área útil. O aspecto exterior do edifício é apresentado na Figura 3.

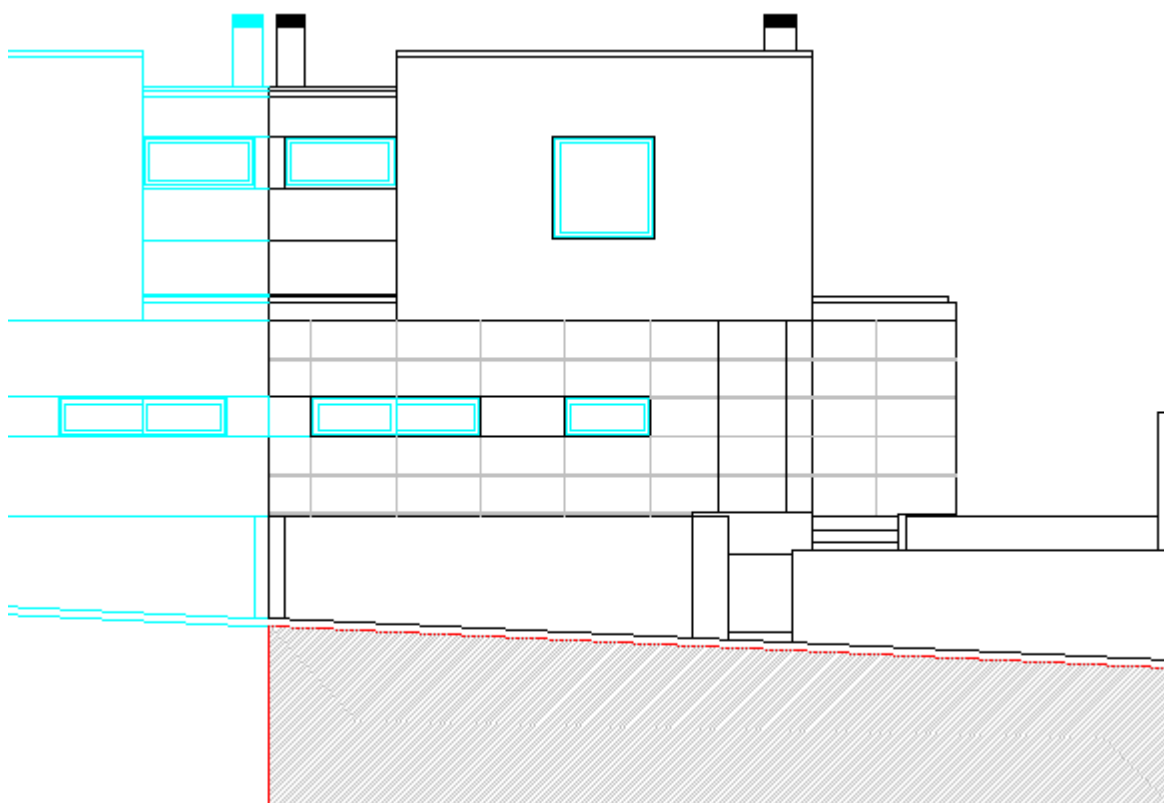


Figura 3 Alçado noroeste, fachada frontal da habitação

O piso inferior, exibido na Figura 4, a cave, tem dois espaços não úteis, garagem e lavanderia, quanto a espaços úteis possui uma sala de estar, uma casa de banho, corredor com caixa de escadas e por fim uma casa de banho de serviço. Detém ainda um pátio exterior com ligação à lavanderia e sala de estar.

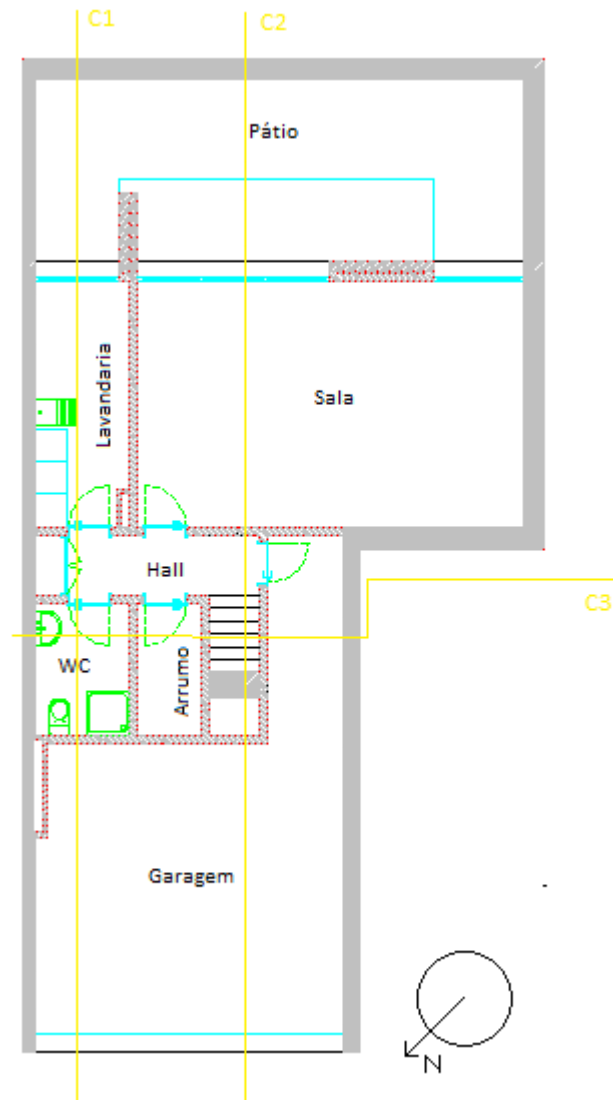


Figura 4 Cave

O rés do chão, apresentado na Figura 5, contém unicamente espaços úteis, destinados a: cozinha, sala de jantar e sala de estar, escritório, casa de banho de serviço, entrada com caixa de escadas. Existe, tal como na cave, um pátio com ligação ao escritório, ao corredor e à sala de estar.

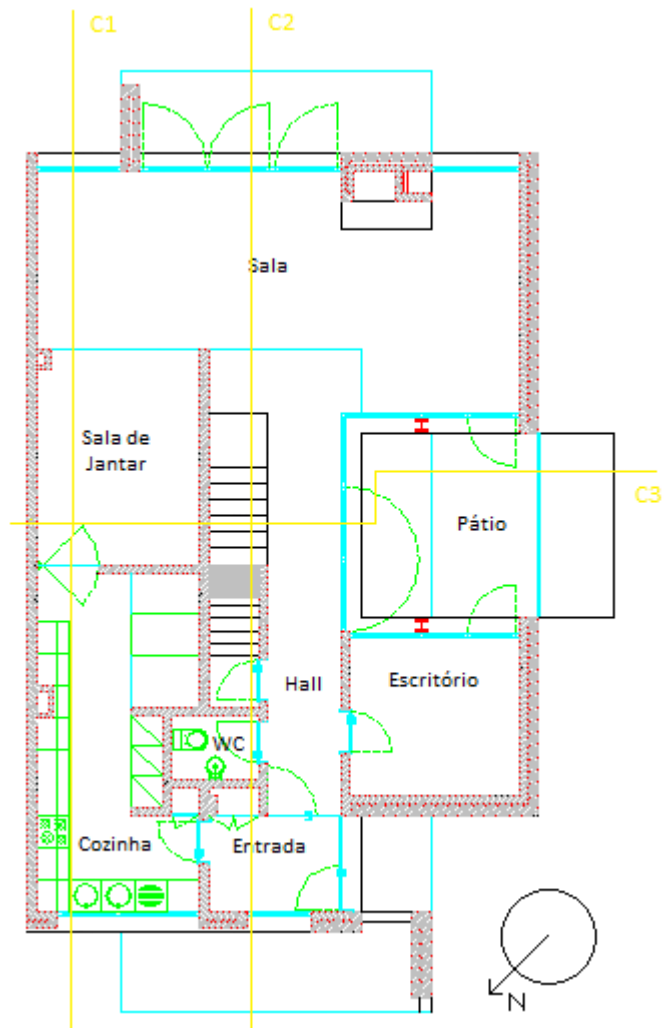


Figura 5 Rés do chão

Por fim, o 1º andar é destinado a divisões de descanso, constituído por 4 quartos e 2 casas de banho, existindo ainda um pátio exterior com ligação ao corredor, como se pode verificar na Figura 6.

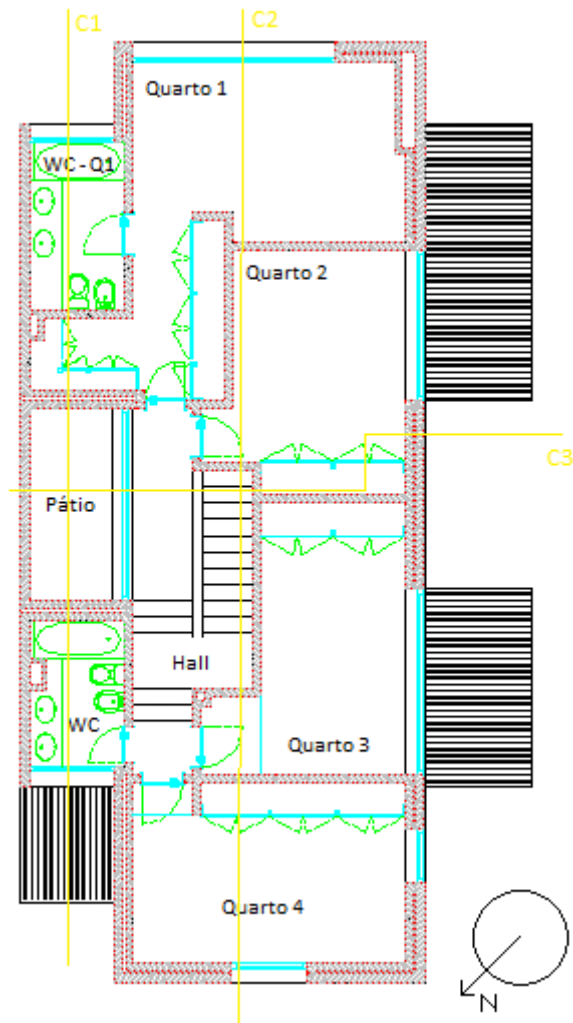


Figura 6 1º Andar

Tem 3 fachadas expostas ao exterior e orientadas a noroeste, sudoeste e sudeste. A nordeste, a habitação tem outra habitação acoplada do tipo geminada, existindo um vão envidraçado com essa orientação devido ao pátio existente no primeiro andar.

A descrição geral do edifício, bem como os pormenores construtivos são possíveis de observar no Anexo A.

3.2. Levantamento dimensional

A área útil de pavimento, bem como a área dos espaços não úteis são apresentados a Tabela 1.

Tabela 1 Levantamento das áreas de pavimento

Cave		Rés do chão		1º Andar	
Divisão	Área [m ²]	Divisão	Área [m ²]	Divisão	Área [m ²]
Sala de estar	32,73	Sala de estar	36,14	Quarto 1	23,96
WC	4,20	Escritório	9,29	Quarto 2	14,86
Arrumo	2,76	Sala de jantar	11,91	Quarto 3	15,15
Corredor	5,11	Cozinha	17,66	Quarto 4	16,92
Caixa de escadas	2,3	Corredor e Escadas	14,72	Corredor e Escadas	12,48
Garagem	34,85	Entrada	4,99	WC - Q1	5,43
Lavandaria	7,71	WC	1,92	WC	4,60

Em relação aos vãos envidraçados, as áreas de cada um são exibidas na Tabela 2, bem como o seu perímetro e a sua orientação.

Tabela 2 Levantamento das áreas, perímetros e orientações dos vãos envidraçados

Piso	Divisão	Área [m ²]	Perímetro [m]	Orientação
Cave	Lavandaria	3,70	8,08	Sudeste
	Sala de estar (1)	8,96	12,28	Sudeste
	Sala de estar (2)	3,71	7,89	Sudeste
Rés do chão	Sala de estar (1)	4,29	8,50	Sudeste
	Sala de estar (2)	9,75	12,70	Sudeste
	Sala de estar (3)	4,05	8,30	Sudeste
	Sala de estar (4)	8,37	11,64	Noroeste
	Corredor	10,32	13,14	Sudoeste
	Escritório	8,19	11,50	Sudeste
	Entrada	0,66	3,48	Noroeste
	Cozinha	1,30	5,78	Noroeste
1º Andar	Quarto 1	7,88	11,70	Sudeste

	Quarto 2	2,85	7,70	Sudoeste
	Quarto 3	3,43	8,87	Sudoeste
	Quarto 4 (1)	1,00	4,00	Sudoeste
	Quarto 4 (2)	1,96	5,60	Noroeste
	WC - Quarto 1	1,09	4,50	Sudeste
	WC	1,09	4,50	Noroeste
	Pátio	8,52	11,90	Nordeste

3.3. Zona climática

O país é dividido em três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3), estando representadas na Figura 7, sendo que estas zonas climáticas dependem do valor de Graus-dia (GD), no estudo da determinação da estação de aquecimento e do valor da temperatura exterior média ($\Theta_{ext,v}$) na determinação da estação de arrefecimento. É de salientar que estes valores são definidos para cada NUT de classe III para a altitude de referência e são corrigidos em função da altitude do local [5]. Em termos da altitude, o edifício está apenas a 6 cm acima do nível do mar.

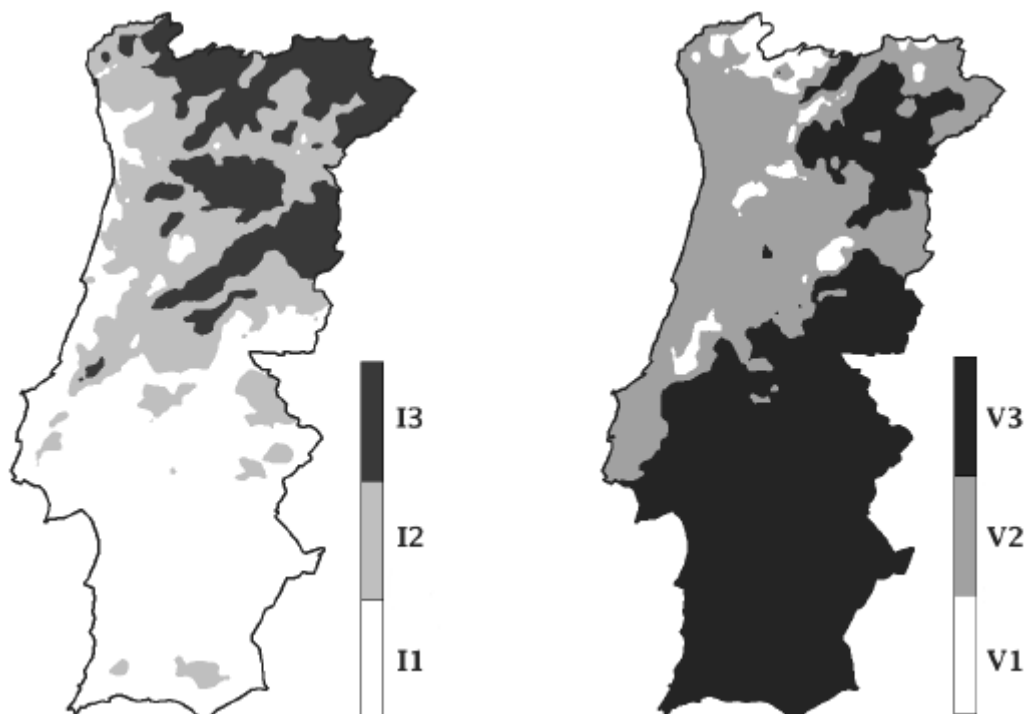


Figura 7 Zonas climáticas de inverno e de verão em Portugal continental

A classificação da zona climática de inverno é feita de acordo com os valores apresentados na Tabela 3 [5].

Tabela 3 Critério para a determinação da zona climática de inverno

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

Em relação à zona climática de verão, a classificação é feita através dos valores apresentados na Tabela 4 [5].

Tabela 4 Critério para a determinação da zona climática de verão

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

Assim é necessário proceder a uma correção dos parâmetros de referência (X_{REF}) para se obter os valores dos parâmetros reais (X) quando a altitude (Z) é diferente da altitude de referência (Z_{REF}), através da Equação (1) [5].

$$X = X_{REF} + a(Z - Z_{REF}) \quad (1)$$

3.3.1. Estação de aquecimento

Existem três parâmetros climáticos referentes à estação de aquecimento que influenciam a aplicação do REH, os Graus-Dia (GD), em $^\circ\text{C}$ e na base de 18°C , duração da estação de aquecimento (M) em meses, por fim, a energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (G_{Sul}), em $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{mês})$. Apenas os dois primeiros parâmetros são alterados consoante a altura da localidade onde está situada a habitação [5].

Através da Tabela 5 é possível retirar o valor dos parâmetros climáticos para a região do Grande Porto para posteriormente se corrigir esses parâmetros e determinar a zona climática de inverno.

Tabela 5 Parâmetros climáticos de inverno relativos à região do Grande Porto

	Z _{REF}	M		GD		G _{Sol}
	[m]	Meses (REF)	a [mês/km]	°C (REF)	a [°C/km]	[kWh/m ² . mês]
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	130

Aplicando a Equação (1) tem-se os valores reais dos parâmetros climáticos relativos à estação de aquecimento e para a altitude da localidade, 0,06 m, exibidos na Tabela 6.

Tabela 6 Parâmetros climáticos reais de inverno relativos à região do Grande Porto

	Z [m]	M [meses]	GD [°C]	G _{Sol} [kWh/m ² .mês]
Grande Porto	0,06	6,0	1100	130

Através dos Graus-Dia reais obtidos na Tabela 6 conclui-se que a zona climática referente à estação de aquecimento é II, em comparação com o valor dos critérios da determinação zona climática de inverno.

3.3.2. Estação de arrefecimento

A estação de arrefecimento tem a duração de 4 meses, ou seja, 2928 horas e é caracterizada pela temperatura exterior média ($\Theta_{ext,v}$), em °C e pela energia acumulada durante a estação (I_{sol}), recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, em kWh/m². Apenas a temperatura exterior média é alterada consoante a altura [5].

Através da Tabela 7 é possível retirar o valor dos parâmetros climáticos para a região do Grande Porto para posteriormente se aferir em função da altitude real da localidade.

Tabela 7 Parâmetros climáticos de verão relativos à região do Grande Porto

	Z _{REF}	$\Theta_{ext,v REF}$		I_{sol} [kWh/m ²] acumulados de Junho a Setembro								
	[m]	[°C]	a [°C/km]	0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Como o fator de correção dos parâmetros climáticos é igual a $0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, a zona climática em que o edifício está inserido tem os parâmetros iguais aos de referência.

Com isto, comparando o valor da temperatura exterior média de referência presente na tabela anterior com os critérios da Tabela 4 é possível afirmar que a zona climática de verão é V2.

3.4. Delimitação da envolvente

Para se analisar o comportamento térmico da habitação é necessário efetuar uma delimitação das envolventes do espaço em estudo, pois, as trocas de calor que existem dependem de esse elemento faz fronteira com o exterior, os espaços não úteis, o solo ou os edifícios adjacentes.

Para se identificar todos os tipos de envolvente, é necessário determinar o coeficiente de redução de perdas, b_{tr} , referente aos espaços não úteis existentes neste edifício: a garagem e a lavanderia. O b_{tr} depende de várias variáveis, tais como: a área de separação da zona útil com a zona não útil (A_i), em m^2 , a área de separação da zona não útil com o ambiente exterior (A_u), em m^2 , o volume do espaço não útil (V_{enu}), em m^3 , e o grau de permeabilidade ao ar do espaço não útil (F ou f). Na Tabela 8 são apresentados os vários valores que o coeficiente de redução de perdas pode ter em função das quatro variáveis anteriormente explicadas, com a exceção de um espaço fortemente ventilado em que nesse calor o valor de b_{tr} é igual a 1,0 e os edifícios adjacentes em que o b_{tr} toma o valor de 0,6. Após conhecer essas quatro variáveis, retira-se o valor do coeficiente de redução de perdas da Tabela 8. Se este coeficiente for igual ou inferior a 0,7 trata-se de uma envolvente interior com requisitos de interior, se for superior a 0,7, trata-se de uma envolvente interior com requisitos de exterior [5].

Tabela 8 Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr}

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

Deste modo, é possível calcular o coeficiente de redução de perdas para os espaços não úteis adjacentes à habitação, nomeadamente, a garagem e a lavandaria. Os esquemas das áreas de separação da zona útil com a zona não útil e das áreas de separação da zona não útil com o ambiente exterior são apresentados na Figura 8 e Figura 9, para a lavandaria e garagem, respectivamente.

Lavandaria:

$$A_i = 7,71 + (1,51 + 3,81) \times 2,4 = 20,48 \text{ m}^2$$

$$A_u = 1,75 \times 2,4 = 4,20 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 4,88$$

$$V_{enu} = 7,71 \times 2,4 = 18,48 \text{ m}^3$$

F – Espaço não útil, permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

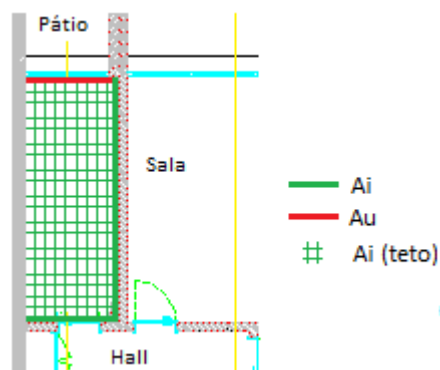


Figura 8 Esquema das áreas de separação da lavandaria com espaços úteis e com o exterior

Através da Tabela 8, o b_{tr} é 0,5, logo trata-se de uma envolvente interior com requisitos de interior.

Garagem:

$$A_i = (4,01 + 3,8 + 1,4) \times 2,4 + 34,85 = 56,95 \text{ m}^2$$

$$A_u = 5,65 \times 2,4 = 13,56 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 4,20$$

$$V_{enu} = 34,85 \times 2,4 = 83,65 \text{ m}^3$$

F – Espaço não útil, permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

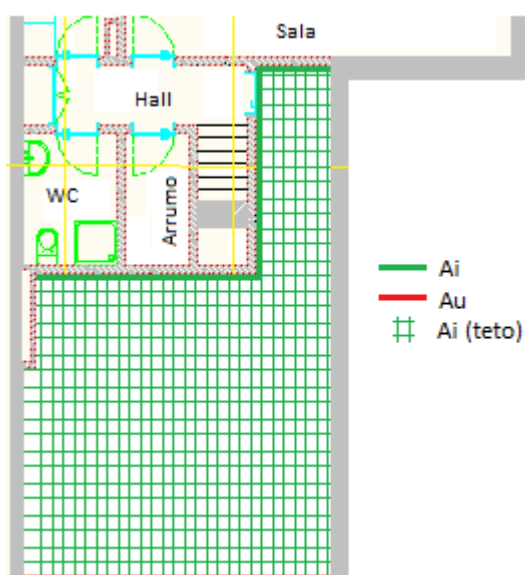


Figura 9 Esquema das áreas de separação da garagem com espaços úteis e com o exterior

Consultando a Tabela 8, o b_{tr} é 0,8, logo trata-se de uma envolvente interior com requisitos de exterior.

Assim, é possível marcar os diferentes tipos de envoltentes presentes na cave, presente na Figura 10, no rés do chão na Figura 11 e no 1º Andar na Figura 12. A delimitação da envolvente dos cortes é apresentada no Anexo B. As várias delimitações obedecem à seguinte legenda.

- Envoltente exterior
- Envoltente interior com requisitos de interior
- Envoltente interior com requisitos de exterior
- Envoltente em contacto com edifício adjacente
- Envoltente em contacto com o solo

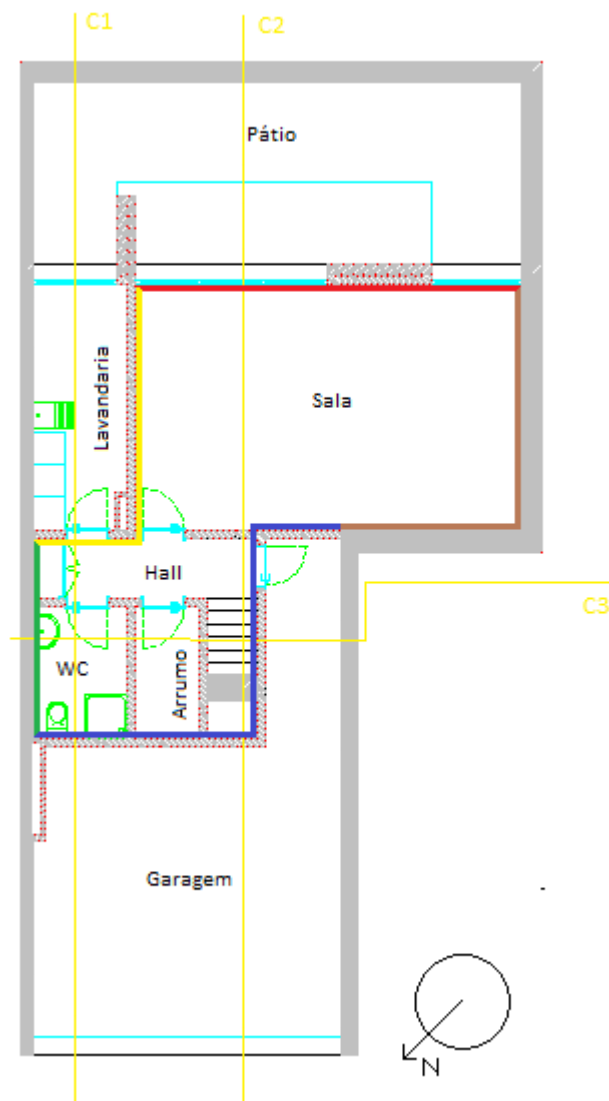


Figura 10 Delimitação da envolvente da cave

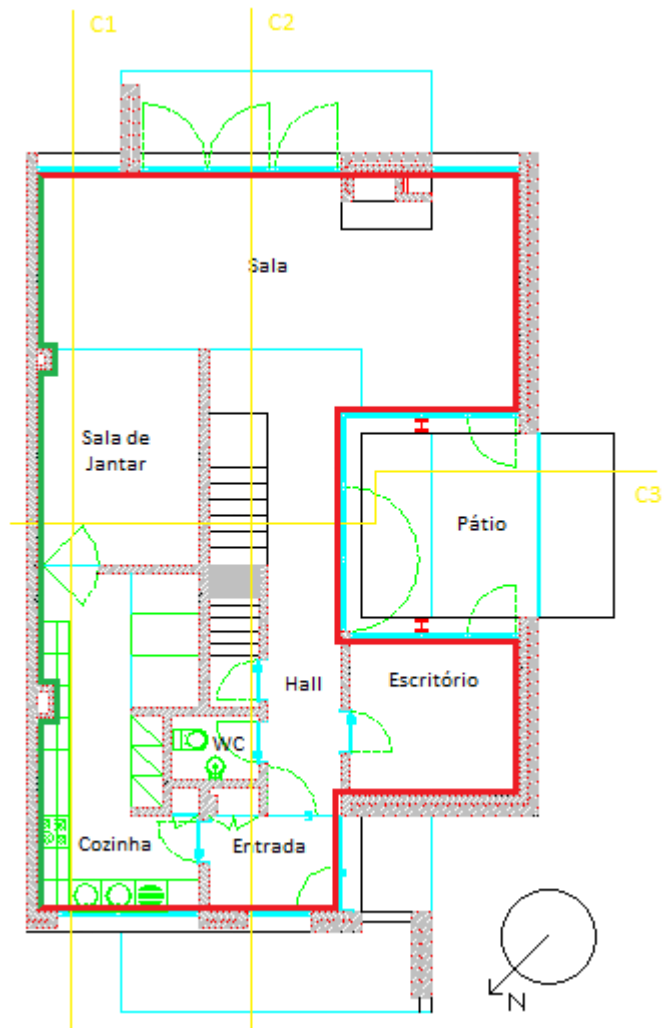


Figura 11 Delimitação da envolvente do rés do chão

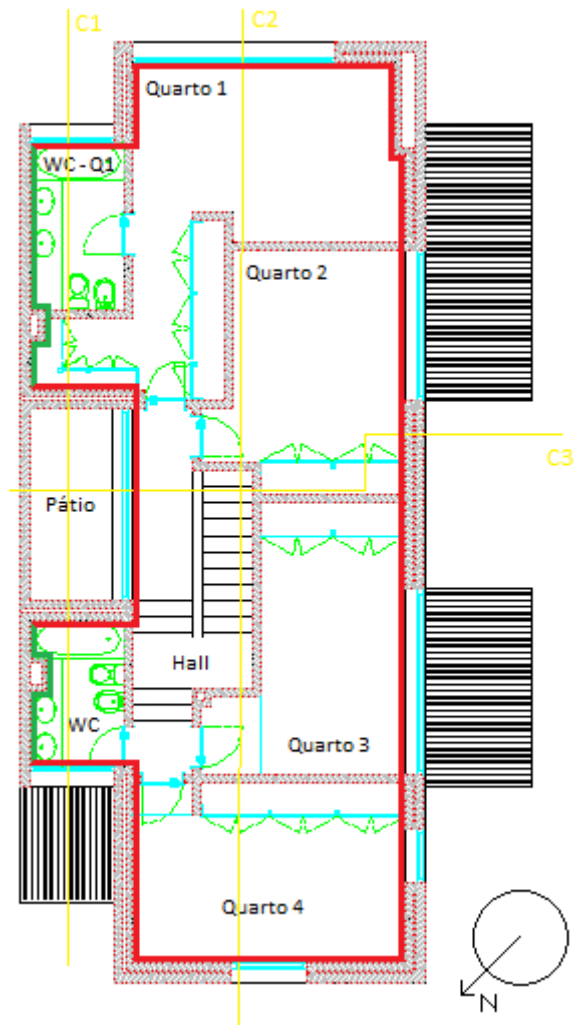


Figura 12 Delimitação da envolvente do 1º andar

3.5. Caracterização da envolvente

Com a diferenciação da envolvente obtida no subcapítulo anterior, o próximo passo para se estudar o comportamento térmico da habitação na estação de aquecimento e de arrefecimento, passa por analisar as características da envolvente de modo a verificar se cumpre os requisitos mínimos de qualidade térmica e verificar as transferências de calor através das referidas envolventes.

O coeficiente de transmissão térmica superficial (U), em $W/m^2\text{°C}$, para uma envolvente em contacto com o exterior é dado pela Equação (2) que representa o inverso do somatório das resistências térmicas de cada um dos constituintes de cada elemento construtivo com as resistências térmicas superficiais. Quando se trata de uma envolvente em contacto com um

espaço não útil ou com um edifício adjacente, o valor referente à resistência térmica superficial exterior assume o mesmo valor que a resistência térmica superficial interior [6].

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad (2)$$

Em que:

R_{si} – Resistência térmica superficial interior, em $m^2\text{°C/W}$;

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior, em $m^2\text{°C/W}$;

R_j – Resistências térmicas dos elementos presentes na envolvente, em $m^2\text{°C/W}$.

A resistência térmica de cada uma das camadas presentes na envolvente (R_j), em $m^2\text{°C/W}$, é dada pela Equação (3), que relaciona a espessura do elemento (e_j), em m, com a condutibilidade térmica do material (λ_j), em W/m°C , sendo que este último pode ser obtido por consulta do ITE 50 [6].

$$R_j = \frac{e_j}{\lambda_j} \quad (3)$$

Quanto às resistências térmicas superficiais, estas são igualmente definidas pelo ITE 50 consoante a direção do fluxo de calor e podem ser visualizadas na Tabela 9 [6].

Tabela 9 Resistências térmicas superficiais

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica superficial [$m^2\text{°C/W}$]	
		Exterior, R_{se}	Interior, R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

Relativamente aos vãos envidraçados, o coeficiente de transmissão térmica superficial pode ser obtido directamente do ITE 50. Quando se trata de vidros com composições especiais, esse coeficiente é calculado através da Equação (4) que não é mais do que uma média ponderada entre o coeficiente de transmissão térmica da caixilharia e do coeficiente

de transmissão térmica do vidro em função da área de cada um dos elementos, podendo-se desprezar a ponte linear ao longo da ligação do vidro com a caixilharia [6].

$$U_w = \frac{U_{vidro} \times A_{vidro} + U_{caixilharia} \times A_{caixilharia}}{A_{vidro} + A_{caixilharia}} \quad (4)$$

Por fim, a determinação do valor do coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com o solo, tem por base tabelas definidas pelo regulamento, em função dos seguintes elementos:

- Dimensão característica do pavimento (B');
- Resistência térmica de todas as camadas do pavimento (R_f), excluindo as resistências térmicas superficiais;
- Largura ou profundidade do isolamento (D), respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical.

A dimensão característica, resulta da Equação (5) que é uma relação da área interior útil, A_p , em m^2 , e de 50% do perímetro exposto (P), em m, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do espaço exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior [5].

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \times P} \quad (5)$$

Para a determinação do coeficiente de transmissão térmica de uma parede enterrada é apenas necessário conhecer a profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo (Z') e a resistência térmica da parede com exclusão das resistências térmicas superficiais.

O presente regulamento obriga que os elementos e soluções construtivas de um edifício novo ou sujeito a grandes intervenções cumpram os requisitos de qualidade térmica.

Os elementos em zona corrente da envolvente opaca de um edifício, com exceção dos elementos em contacto com o solo, deverão cumprir os requisitos mínimos impostos pelo regulamento, ou seja, o seu coeficiente de transmissão térmica superficial deverá de ser

igual ou inferior aos valores máximos apresentados na Tabela 10, que dependem da zona climática de inverno onde o edifício se localiza [5].

Tabela 10 Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis

$U_{m\acute{a}x}$ [W/m ² °C]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou ENU com $b_{tr} > 0,7$	Elem. verticais	1,75	1,6	1,45
	Elem. horizontais	1,25	1,00	0,90
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou ENU com $b_{tr} \leq 0,7$	Elem. verticais	2,00	2,00	1,90
	Elem. horizontais	1,65	1,30	1,20

Em termos de envolvente envidraçada, sempre que o somatório dos vãos envidraçados seja superior a 5% da área de pavimento do compartimento onde estes se inserem e, desde que, não sejam orientados no quadrante norte, devem apresentar um fator global do vão envidraçado com dispositivos móveis 100% ativados (g_T), obedecendo às seguintes condições:

- a) Sempre que, a área de envidraçados (A_{env}) seja inferior ou igual a 15% da área do pavimento (A_{pav}), o vão deve cumprir a condição imposta pela Equação (6).

$$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \quad (6)$$

- b) Sempre que, a área de envidraçados seja superior a 15% da área do pavimento, o vão deve cumprir a condição imposta pela Equação (7).

$$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)} \quad (7)$$

Em que:

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;

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais sobrejacentes ao envidraçado;

$g_{Tm\acute{a}x}$ – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;

A_{env} – Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento, em m^2 ;

A_{pav} – rea de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s), em m^2 .

Os fatores solares globais máximos admissíveis dos vãos envidraçados são definidos no regulamento e estão presentes na Tabela 11, em funao da classe de inércia do edifício e da zona climática de verão referente à localidade onde o caso de estudo se insere [5].

Tabela 11 Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados

Classe de inércia	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

3.5.1. Envolvente opaca

A envolvente opaca a ser estudada é constituída por: elementos verticais (paredes), elementos horizontais (pavimentos e coberturas) e pontes térmicas planas (pilares e vigas). Para todos estes elementos foram calculados os respectivos coeficientes de transmissão térmica superficial e, os cálculos estão presentes no Anexo C.1.

O valor do coeficiente de transmissão térmica superficial de cada elemento é apresentado na Tabela 12, bem como, os valores máximos admissíveis e os valores de referência propostos pelo regulamento.

Tabela 12 Coeficientes de transmissão térmica superficial da envolvente opaca

Elemento	U [$W/m^2\text{}C$]	$U_{m\acute{a}x.}$ [$W/m^2\text{}C$]	$U_{ref.}$ [$W/m^2\text{}C$]
Parede em contacto c/ exterior	0,57	1,75	0,50
Pavimento em contacto c/ exterior	0,87	1,25	0,40
Cobertura em contacto c/ exterior	0,45	1,25	0,40
Parede em contacto c/ lavandaria	0,72	2,00	1,00
Pavimento em contacto c/ lavandaria	0,70	1,65	0,80

Parede em contacto c/ garagem	0,72	1,75	0,50
Pavimento em contacto c/ garagem	0,70	1,25	0,40
Parede em contacto c/ ed. adjacente	0,49	2,00	1,00
Pilares em contacto c/ exterior	0,57	1,75	0,50
Vigas em contacto c/ exterior	0,57	1,75	0,50
Vigas de cobertura em cont. c/ exterior	0,47	1,25	0,40
Pilares em contacto c/ lavandaria	0,54	2,00	1,00
Pilares em contacto c/ garagem	0,54	1,75	0,50
Vigas em contacto c/ lavandaria	0,76	1,65	0,80
Vigas em contacto c/ garagem	0,76	1,25	0,40

Como se pode verificar pela Tabela 12, todos os elementos construtivos cumprem o regulamento, pois, os seus coeficientes são iguais ou inferiores aos máximos admissíveis. Em comparação com os coeficientes de transmissão térmica superficial de referência, de notar que apenas o pavimento em contacto com exterior, a parede em contacto com a garagem, o pavimento em contacto com a garagem e as vigas em contacto com a garagem é que possuem um coeficiente muito superior ao de referência.

3.5.2. Envoltente em contacto com o solo

Na Tabela 13, são apresentados os coeficientes de transmissão térmica superficiais e o valor de referência. Para os elementos em contacto com o solo não existem valores máximos. Os seus cálculos são apresentados no Anexo C.2.

Os elementos presentes no caso de estudo são paredes enterradas, pavimentos enterrados, pavimentos térreos e por fim, pilares enterrados.

Tabela 13 Coeficientes de transmissão térmica superficial da envoltente em contacto com o solo

Elemento	U [W/m ² °C]	U _{ref.} [W/m ² °C]
Parede enterrada	0,51	0,50
Pavimento enterrado	0,38	0,50
Pavimento térreo	0,58	0,50
Pilar enterrado	0,51	0,50

Os coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos em contacto com o solo são ligeiramente diferentes dos valores de referência, representando, deste modo, boas soluções construtivas.

3.5.3. Vãos opacos

Os vãos opacos constituem as portas interiores, que fazem contacto com a lavandaria e com a garagem, e também a porta para o exterior, apenas se for opaca. Por se tratar de elementos especiais e que não constam no ITE 50, os respetivos coeficientes de transmissão térmica superficial podem ser obtidos dos catálogos dos fabricantes ou das “*Règles Th-U*” do CSTB, tendo em conta que a porta exterior é de madeira maciça e a interior madeira não maciça. Estes coeficientes são apresentados na Tabela 14, bem como, os coeficientes máximos admissíveis e os de referência propostos pelo regulamento [5].

Tabela 14 Coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos de passagem

Elemento	U [W/m ² °C]	U _{máx.} [W/m ² °C]	U _{ref.} [W/m ² °C]
Porta de acesso ao exterior	3,50	1,75	0,50
Porta de acesso à lavandaria	3,30	2,00	1,00
Porta de acesso à garagem	3,30	1,75	0,50

Verifica-se pela tabela anterior que nenhuma das portas cumpre os requisitos e, por isso necessitam de ser substituídas por portas com coeficientes de transmissão térmica superficial iguais ou inferiores aos máximos impostos apresentados na tabela, ou seja, a porta de acesso ao exterior terá de ter um coeficiente máximo de 1,75 W/m².°C, a porta de acesso à lavandaria de 2,00 W/m².°C e a porta de acesso à garagem de 1,75 W/m².°C.

3.5.4. Envolvente envidraçada

Por último, a caracterização da envolvente envidraçada é apresentada na Tabela 15, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica superficial e os valores de referência, bem como, o fator solar global do vidro e o factor solar global máximo. O fator global máximo é retirado do regulamento para um edifício com inércia forte, como se verifica pelos cálculos do Anexo C.4, e para a zona climática V2.

Tabela 15 Caracterização da envolvente envidraçada

Tipo de vão envidraçado	U [W/m ² °C]	U _{ref.} [W/m ² °C]	g _T	g _{Tmáx}
Tipo 1	3,30	2,90	0,78	0,56
Tipo 2	2,80	2,90	0,36	0,56
Tipo 3	1,96	2,90	0,61	0,56

Apenas o 1º tipo de vão envidraçado tem um coeficiente superior ao de referência. Através da Tabela 16 é possível observar a verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica para os vãos envidraçados. Os cálculos intermédios são apresentados no Anexo C.3.

Tabela 16 Requisitos mínimos de qualidade térmica dos vãos envidraçados

Piso	Divisão	Orientação	A _{env} < 15% > A _{pav}	g _T	F ₀	F _f	Verificação
Cave	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,36	0,75	0,82	Não verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,36	1,00	0,86	Não verifica
Rés do chão	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,36	1,00	0,93	Não verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,36	0,53	0,87	Não verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,36	1,00	1,00	Não verifica
	Sala de estar	Noroeste	> 15%	0,61	-	-	Não tem requisitos (1)
	Corredor	Sudoeste	> 15%	0,61	0,50	0,72	Não verifica
	Escritório	Sudeste	> 15%	0,61	1,00	0,77	Não verifica
	Entrada	Noroeste	> 15%	0,78	-	-	Não tem requisitos (1)
	Cozinha	Noroeste	> 15%	0,78	-	-	Não tem requisitos (1)
1º Andar	Quarto 1	Sudeste	> 15%	0,36	1,00	1,00	Não verifica
	Quarto 2	Sudoeste	> 15%	0,36	1,00	1,00	Verifica
	Quarto 3	Sudoeste	> 15%	0,36	1,00	1,00	Verifica
	Quarto 4	Noroeste	> 15%	0,36	-	-	Não tem requisitos (1)
	Quarto 4	Sudoeste	> 15%	0,36	1,00	1,00	Verifica
	WC – Q. 1	Sudeste	> 15%	0,61	1,00	0,93	Não verifica
	WC	Noroeste	> 15%	0,61	-	-	Não tem requisitos (1)
	Pátio	Nordeste	> 15%	0,61	-	-	Não tem requisitos (1)

(1) – Não tem requisitos porque está orientado no quadrante norte.

Pela Tabela 16 verifica-se que alguns envidraçados não cumprem os requisitos impostos pelo regulamento e portanto existe a necessidade de alterar/instalar uma proteção solar

composta por uma lona opaca de cor clara. Com esta alteração, os vãos envidraçados passam a cumprir o regulamento, como se pode verificar na Tabela 17.

Tabela 17 Correção dos fatores solares dos vão envidraçados

Piso	Divisão	Orientação	$A_{env} < 15\% > A_{pav}$	g_T	F_0	F_f	Verificação
Cave	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,04	0,75	0,82	Verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	0,86	Verifica
Rés do chão	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	0,93	Verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,04	0,53	0,87	Verifica
	Sala de estar	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	1,00	Verifica
	Corredor	Sudoeste	> 15%	0,04	0,50	0,72	Verifica
	Escritório	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	0,77	Verifica
1º Andar	Quarto 1	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	1,00	Verifica
	WC – Q. 1	Sudeste	> 15%	0,04	1,00	0,93	Verifica

A Figura 13 mostra como foram obtidos os ângulos para a determinação do fator de sombreamento por obstáculos verticais (ângulo α).

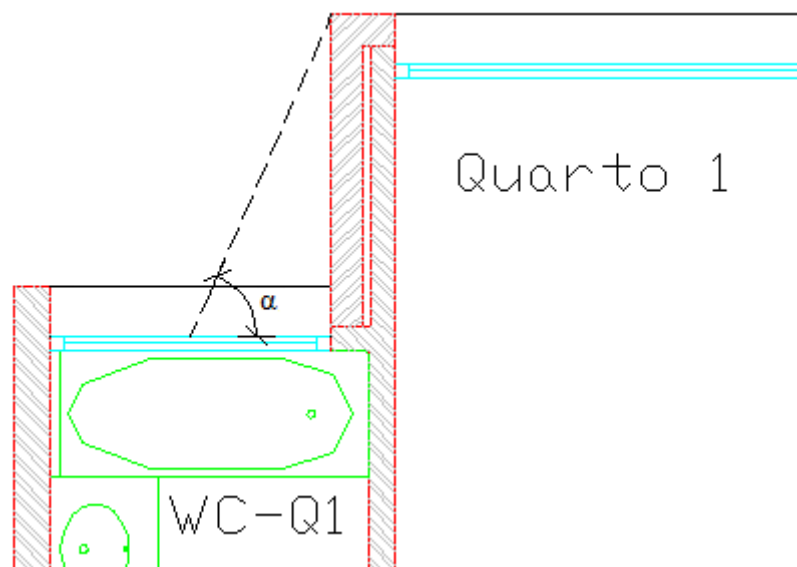


Figura 13 Determinação do ângulo de sombreamento de um obstáculo vertical

Por sua vez, a Figura 14 exibe como foram obtidos os ângulos para a determinação do fator de sombreamento por obstáculos verticais (ângulo β).

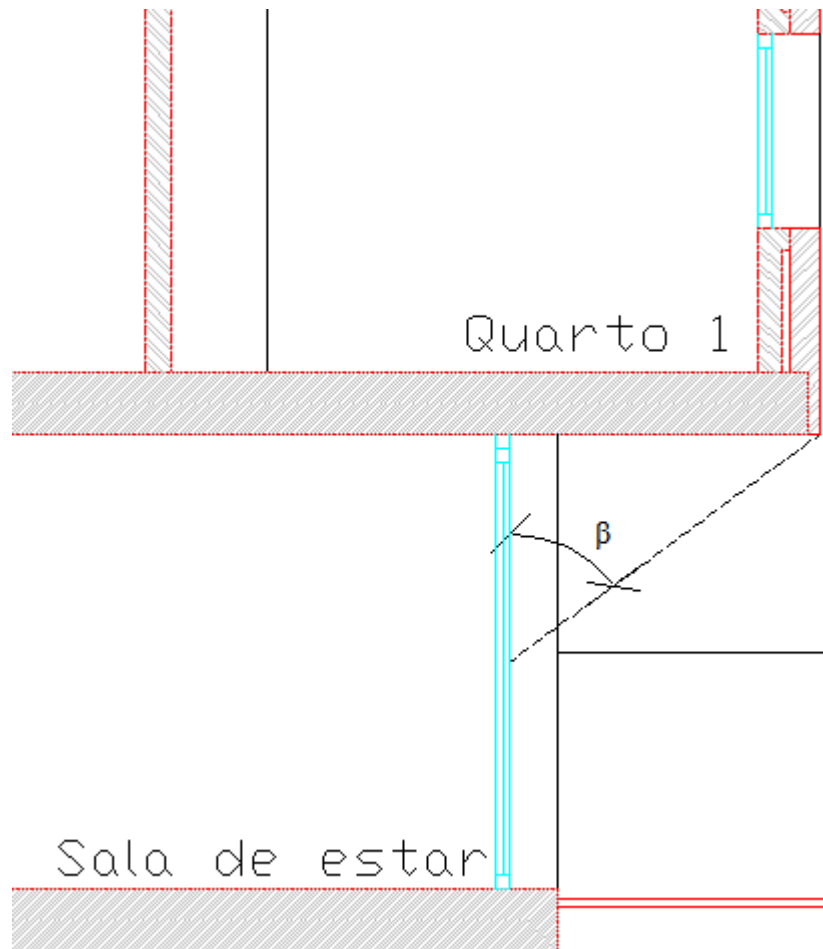


Figura 14 Determinação do ângulo de sombreamento de um obstáculo horizontal

3.6. Renovação do ar interior

A renovação do ar interior é indispensável para o bem-estar dos ocupantes, tendo em consideração a qualidade do ar interior e diminuindo a possibilidade de existir algumas patologias na habitação, nomeadamente condensações superficiais.

Em contrapartida, esta renovação do ar interior pode traduzir-se em grandes perdas na estação de aquecimento.

Tal como acontece com os elementos da envolvente, a taxa de renovação do ar, R_{ph} , em h^{-1} , deve cumprir o requisito de qualidade imposto pelo regulamento, o qual obriga a que a taxa

de renovação do ar interior seja igual ou superior a $0,40 \text{ h}^{-1}$. Na estação de arrefecimento a taxa de renovação do ar interior apresentará sempre valores iguais ou superiores a $0,60 \text{ h}^{-1}$.

A determinação da taxa de renovação do ar interior em ambas as estações é realizada através de uma folha de cálculo fornecida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), sendo o processo de cálculo dividido pelas seguintes etapas [5]:

- 1º. Elaborar o enquadramento geral do edifício;
- 2º. Estudar a permeabilidade ao ar da envolvente;
- 3º. Identificar as aberturas de admissão de ar na fachada, caso existam;
- 4º. Estudar as condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/*ventax* que não obturam o escoamento de ar pela conduta;
- 5º. Analisar a insuflação e exaustão de ar por meios mecânicos de funcionamento prolongado, caso existam;
- 6º. Estudar a exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão ($< 20 \text{ Pa}$);
- 7º. Identificar a existência de um *by-pass* ao recuperador de calor, caso exista.

Para a determinação da taxa de renovação do ar interior na estação de aquecimento e arrefecimento do caso em estudo, foram necessárias algumas correções ao projeto de modo a que os requisitos mínimos fossem cumpridos, nomeadamente:

- A habitação situa-se na região B e rugosidade tipo II, pois encontra-se a menos de 5 km da costa do mar e situa-se na periferia da zona urbana;
- Existem duas aberturas de admissão do ar na fachada, nomeadamente nas duas casas de banho do primeiro andar, do tipo fixa ou regulável manualmente e com uma área de abertura 250 cm^2 , cada;
- Existem três condutas de exaustão de ar com diâmetro menor que 125 mm e por isso, perda de carga alta;
- Não existe extração por meios mecânicos nem por meios híbridos de baixa pressão.

Com estas parametrizações, obtém-se a taxa de renovação do ar interior apresentada na Tabela 18, bem com a taxa de renovação mínima. O cálculo de R_{ph} é apresentado no Anexo D.

Tabela 18 Taxa de renovação do ar interior

Estação	R_{ph} [h^{-1}]	$R_{ph, min}$ [h^{-1}]
Estação de aquecimento	0,61	0,40
Estação de arrefecimento	0,61	0,60

Como se verifica pela tabela anterior, o valor calculado cumpre os requisitos mínimos de qualidade térmica impostos pelo presente regulamento.

3.7. Necessidades nominais de aquecimento

Para a fração cumprir os requisitos do REH em termos de necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}) o seu valor tem de ser inferior ao seu respetivo valor máximo, N_i . A metodologia de cálculo para a determinação do N_{ic} e do N_i é apresentada de seguida, sendo que o cálculo dos valores das necessidades nominais de energia na estação de aquecimento, tanto a real como a de referência é apresentado no Anexo E.

As necessidades energéticas da estação de aquecimento, N_{ic} , obtêm-se através da Equação (8), não sendo mais que um balanço energético entre as perdas por transmissão e ventilação, e os ganhos térmicos úteis, por metro quadrado de área útil de pavimento [5].

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad (8)$$

Em que:

$Q_{tr,i}$ – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente da habitação, em kWh;

$Q_{ve,i}$ – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, em kWh;

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

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em m^2 .

3.7.1. Transferência de calor por transmissão através da envolvente

As perdas pela envolvente ($Q_{tr,i}$) resultam da diferença de temperatura entre o interior e o exterior do caso de estudo, e obtêm-se a partir da Equação (9), que resulta de uma multiplicação entre o número de graus-dia de aquecimento (GD) (presentes na Tabela 6), em °C. dia, e pelo coeficiente global de transferência de calor por transmissão ($H_{tr,i}$) na estação de aquecimento, em $W/°C$ [5]. O cálculo discriminado é apresentado no Anexo E.4.

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (9)$$

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão resulta do somatório de todas as perdas que ocorrem pela envolvente: em contacto com o exterior (H_{ext}), em contacto com espaços não úteis (H_{enu}), em contacto com edifícios adjacentes (H_{adj}) e em contacto com o solo (H_{ecs}) tal como mostra a Equação (10) [5].

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (10)$$

3.7.1.1. Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o exterior

O H_{ext} representa as perdas de calor que ocorrem pelas zonas da envolvente em contacto com o exterior, nomeadamente paredes, vãos envidraçados, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas ou pontes térmicas lineares. Este coeficiente calcula-se através da Equação (11) [5].

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_j \cdot B_j] \quad (11)$$

Em que:

U_i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente, em $W/(m^2 \cdot °C)$;

A_i – Área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício, em m^2 ;

Ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j , de acordo com o despacho nº 15793-K/2013, em W/(m.°C);

B_j – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear j medido pelo interior, em m.

O cálculo do coeficiente de transmissão de calor através dos elementos em contacto com o exterior é apresentado no Anexo E.1.

Para se calcular o respetivo coeficiente de transmissão de calor de referência dos elementos em contacto ($H_{ext, ref}$) com o exterior, é necessário aplicar a Equação (12), em que são utilizados os coeficientes de transmissão térmica superficial de referência ($U_{i,ref}$) e os coeficientes de transmissão térmica linear de referência ($\Psi_{j, ref}$), ambos definidos pelo presente regulamento na Portaria nº 349-B/2013. Este cálculo, aplicado ao caso em estudo é apresentado no Anexo E.1 [5].

$$H_{ext,ref} = \sum_i [U_{i,ref} \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_{j,ref} \cdot B_j] \quad (12)$$

É de salientar que só pode ser como área envidraçada até um máximo de 20% da área útil de pavimento. Caso este valor seja ultrapassado, a área excedentária deve ser considerada como envolvente opaca.

3.7.1.2. Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com espaços não úteis

O H_{enu} e o H_{adj} representam as perdas de calor que ocorrem pelas zonas da envolvente em contacto com espaços não úteis ou em contacto com edifícios adjacentes, sejam eles paredes, vãos envidraçados, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas ou pontes térmicas lineares. Este coeficiente calcula-se através da Equação (13) [5].

$$H_{enu, adj} = b_{tr} \times \left(\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_j \cdot B_j] \right) \quad (13)$$

De referir que apenas serão contabilizadas as pontes térmicas lineares para espaços não úteis com valor de b_{tr} superior a 0,7, como é o caso da garagem neste caso de estudo.

Os cálculos dos coeficientes de transmissão de calor real através dos elementos em contacto com espaços não úteis e com edifícios adjacentes são apresentados no Anexo E.1.

O coeficiente de transmissão de calor de referência dos elementos em contacto com espaços não úteis e com edifícios adjacentes, é calculado de igual forma, apenas utilizando os coeficientes de transmissão térmica superficiais e os coeficientes de transmissão térmica linear dos elementos presentes na envolvente, como mostra a Equação (14). As determinações do $H_{enu, ref}$ e do $H_{adj, ref}$ relativos ao caso em estudo são apresentados no Anexo E.1 [5].

$$H_{enu,ref; adj,ref} = b_{tr} \times \left(\sum_i [U_{i,ref} \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_{j,ref} \cdot B_j] \right) \quad (14)$$

3.7.1.3. Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com e o solo

O H_{ecs} representa as perdas de calor que ocorrem pelas zonas da envolvente em contacto com o solo, sejam eles paredes, pavimentos ou pontes térmicas planas. Este coeficiente calcula-se através da Equação (15) [5].

$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bfi} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bwj}] \quad (15)$$

Em que:

$U_{bf, i}$ – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado i , em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

A_i – Área do pavimento em contacto com o solo i , medida pelo interior do edifício, em m^2 ;

z_j – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo j , em m ;

P_j – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo j , medido pelo interior, em m ;

$U_{bw, j}$ – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo j , em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

O cálculo do coeficiente de transmissão de calor real através dos elementos em contacto com o solo é apresentado no Anexo E.1.

O coeficiente de transmissão de calor de referência dos elementos em contacto com o solo é calculado a partir da Equação (16), utilizando os coeficientes de transmissão térmica

superficiais de referência. A determinação do $H_{ecs, ref}$ para a habitação em estudo é apresentado no Anexo E.1 [5].

$$H_{ecs,ref} = \sum_i [U_{bf_i,ref} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bw_j,ref}] \quad (16)$$

3.7.2. Transferência de calor por renovação do ar interior

Na estação de aquecimento, a transferência de calor por renovação do ar interior pode resultar em perdas térmicas significativas que são quantificadas de acordo com a Equação (17), em que é discriminado no Anexo E.4 [5].

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad (17)$$

Em que:

$H_{ve, i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, $W/^\circ C$.

O parâmetro $H_{ve,i}$ presente na equação anterior resulta da relação entre a quantidade de ar que é renovado com aquele que existe na habitação, exemplificado na Equação (18) [5].

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \quad (18)$$

Em que:

$R_{ph,i}$ – Taxa nominal horária de renovação do ar interior calculada de acordo com o despacho 15793-K/2013, em h^{-1} ;

A taxa nominal de renovação do ar interior, foi calculada através do Anexo D e apresentada no subcapítulo 3.6 na Tabela 18, sendo que, o cálculo do coeficiente de transmissão de calor através de renovação do ar interior é apresentado no Anexo E.2.

Relativamente ao coeficiente de transmissão de calor de referência através de renovação do ar interior, para este caso em estudo, é igual ao real pois a taxa nominal de renovação do ar interior está compreendida num intervalo de $0,4 h^{-1}$ a $0,6 h^{-1}$, sendo que o seu cálculo é apresentado no Anexo E.2.

3.7.3. Transferência de calor através de ganhos úteis

Os ganhos térmicos úteis, Q_{gu} , na estação de aquecimento têm origem em dois tipos diferentes de ganhos térmicos: resultantes de fontes internas de calor ($Q_{int,i}$) e ganhos resultantes da radiação solar ($Q_{sol,i}$), incidente nos vãos envidraçados, tal como mostra a Equação (19) [5].

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times (Q_{int,i} + Q_{sol,i}) \quad (19)$$

Em que:

η_i – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos internos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, em kWh.

O fator de utilização dos ganhos térmicos é função entre os ganhos térmicos brutos e as perdas existentes, parâmetro γ , presente na Equação (20), bem como da classe de inércia térmica do edifício, parâmetro α [5].

$$\gamma = \frac{Q_{int,i} + Q_{sol,i}}{Q_{tr,i} + Q_{ve,i}} \quad (20)$$

O parâmetro α é igual aos seguintes valores:

- i. 1,8 – Correspondente a edifícios com inércia térmica fraca, em W/°C;
- ii. 2,6 – Correspondente a edifícios com inércia térmica média, em W/°C;
- iii. 4,2 – Correspondente a edifícios com inércia térmica forte, em W/°C.

Com isto, o fator de utilização dos ganhos é obtido de acordo com as seguintes equações:

- a) Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$

$$\eta_i = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (21)$$

b) Se $\gamma = 1$

$$\eta_i = \frac{a}{a + 1} \quad (22)$$

c) Se $\gamma < 0$

$$\eta_i = \frac{1}{\gamma} \quad (23)$$

Os cálculos de todas as equações anteriores estão presentes no Anexo E.4 e resultam num factor de utilização de ganhos térmicos, η_i , no valor de 0,87.

Em relação ao fator de utilização dos ganhos térmicos de referência, $\eta_{i, \text{ref}}$, este é definido pelo regulamento e tem o valor de 0,60 [5].

3.7.3.1. Ganhos internos

Os ganhos internos brutos resultam de fontes internas de calor, ou seja são os ganhos provenientes de qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, excluindo o sistema de aquecimento, nomeadamente: os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, o calor dissipado pelos equipamentos e pelos dispositivos de iluminação. Para a determinação destes ganhos é utilizada a Equação (24) [5].

$$Q_i = 4 \times M \times A_p \times 0,72 \quad (24)$$

O cálculo dos ganhos internos referentes à habitação em análise é apresentado no Anexo E.3.

Os ganhos internos brutos de referência, resultam de igual forma daquela que são obtidos os ganhos internos brutos reais, ou seja, pela Equação (24) e por isso têm o mesmo valor que os reais.

3.7.3.1. Ganhos solares

Os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento, $Q_{sol,i}$, resultam da Equação (25) [5].

$$Q_{sol,i} = G_{Sul} \times \sum_j \left[X_j \times \sum_n (F_{s,i_n j} \times A_{s,i_n j}) \right] \times M \quad (25)$$

Em que:

G_{Sul} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, em kWh/(m².mês);

X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições;

$F_{s,i_n j}$ – Fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

$A_{s,i_n j}$ – Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com orientação j na estação de aquecimento, em m²;

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

j – Índice que corresponde a cada uma das orientações;

O fator de orientação para as diferentes exposições é obtido da Tabela 19, proveniente do presente regulamento, nomeadamente do Despacho nº 15793-I/2013 [5].

Tabela 19 Fator de orientação para as diferentes exposições

Orientação do vão (j)	NE/NW	SE/SW	H
X_j	0,33	0,84	0,89

O valor da área efetiva coletora, $A_{s,i_n j}$, em m², é obtida através da Equação (26), resultando numa multiplicação entre a área total do vão envidraçado incluído o vidro e o caixilho, A_w , em m², a fracção envidraçada do vão envidraçado, F_g (igual a 0,70 para uma caixilharia de alumínio com corte térmico), obtida através do regulamento e do fator solar de inverno, g_i [5].

$$A_{s,i_n j} = A_w \times F_g \times g_i \quad (26)$$

Com esta anterior metodologia de cálculo, é possível obter os ganhos solares brutos do edifício em estudo, presentes no Anexo E.3.

Os ganhos solares de referência, $Q_{sol, i, ref}$ resultam da condição imposta pelo regulamento e traduzida pela Equação (27), que já tem considera apenas que a área de envidraçados é de apenas 20% da área de pavimento [5].

$$Q_{sol,i,ref} = G_{Sul} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p \quad (27)$$

Em que:

G_{Sul} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, em kWh/(m².mês);

Com isto, o cálculo dos ganhos solares de referência são exibidos no Anexo E.3.

3.7.4. Verificação regulamentar na estação de aquecimento

Com o procedimento de cálculo explicado anteriormente e com os resultados obtidos para o caso de estudo real, os parâmetros mencionados anteriormente são resumidos na Tabela 20.

Tabela 20 Verificação regulamentar na estação de aquecimento

Parâmetro	N _{ic}	N _i
Q _{tr,i} - Transferência de calor por transmissão [kWh/ano]	16646,15	13385,85
Q _{ve,i} - Transferência de calor por renovação do ar [kWh/ano]	3288,11	3234,21
Q _{gu,i} - Transferência de calor por ganhos térmicos úteis [kWh/ano]	14548,80	3136,61
Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [kWh/m ² .ano]	22,71	56,86

Pela tabela anterior é possível verificar que as necessidades nominais de aquecimento são inferiores às de referência, e por isso, o edifício cumpre a condição imposta pelo regulamento, sendo mais eficiente termicamente que o edifício de referência, embora as perdas no edifício sejam superiores aos valores de referência, mas os seu ganhos são cerca de 4,6 vezes superiores aos valores de referência.

3.8. Necessidades nominais de arrefecimento

Relativamente à estação de arrefecimento, a fração tem de cumprir os requisitos impostos pelo regulamento no que concerne às necessidades energéticas nominais de arrefecimento (N_{vc}) em que o seu valor tem de ser inferior ao seu respetivo valor de máximo, N_v . As necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento do edifício são obtidas pela Equação (28) [5].

$$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v}}{A_p} \quad (28)$$

Em que:

η_v – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, em kWh;

O fator de utilização dos ganhos na estação de arrefecimento é obtido exatamente conforme o procedimento exemplificado no subcapítulo 3.7.3, apenas sendo substituídos os valores referentes à estação de aquecimento pelos da estação de arrefecimento.

As necessidades energéticas máximas permitidas na estação de arrefecimento, N_v , obtêm-se através da Equação (29), não sendo mais que, a equação anterior com os valores de referência.

$$N_v = \frac{(1 - \eta_{v,ref}) \cdot Q_{g,v,ref}}{A_p} \quad (29)$$

O fator de utilização dos ganhos de referência, é obtido de acordo com as seguintes equações [5]:

a) Se $\Delta\theta > 1$

$$\eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 \ln \Delta\theta \quad (30)$$

b) Se $0 < \Delta\theta \leq 1$

$$\eta_{v,ref} = 0,45 \quad (31)$$

c) Se $\Delta\theta \leq 0$

$$\eta_{v,ref} = 0,30 \quad (32)$$

Em que, $\Delta\theta$ representa a diferença de temperatura entre a temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, $\theta_{ref,v}$, igual a 25 °C, e a temperatura exterior média na estação de arrefecimento, $\theta_{ext,v}$, em °C, obtida através da determinação da zona climática.

3.8.1. Transferência de calor por transmissão

A transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, $Q_{tr,v}$, em kWh, é dada pela Equação (35) [5].

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,929 \quad (33)$$

Em que:

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

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

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

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, é igual ao coeficiente na estação de aquecimento, excluindo a transferência de calor entre edifícios adjacentes. O valor é apresentado no Anexo F.1. O valor global da transferência de calor por transmissão aplicado ao caso de estudo é igualmente demonstrado no Anexo F.4.

3.8.2. Transferência de calor por ventilação

A transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$, em kWh, é dada pela Equação (34) [5].

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,928 \quad (34)$$

O coeficiente global de transferência de calor por renovação do ar interior na estação de arrefecimento é dado pelo Equação (35) [5].

$$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \quad (35)$$

Em que:

$H_{ve,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por renovação do ar interior na estação de arrefecimento, em W/°C;

$R_{ph,v}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento, em h⁻¹.

O coeficiente global de transferência de calor por renovação do ar interior na estação de arrefecimento relativamente ao caso em estudo é apresentado no Anexo F.2.

3.8.3. Transferência de calor por ganhos térmicos

Os ganhos térmicos brutos, $Q_{g,v}$, em kWh, que se registam na estação de arrefecimento são aqueles que resultam da radiação solar, $Q_{sol,v}$, e pelas fontes internas de calor, $Q_{int,v}$, exemplificados pela Equação (36) [5].

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (36)$$

3.8.3.1. Ganhos térmicos internos

Os ganhos térmicos internos brutos na estação de arrefecimento, devem-se de igual forma ao que acontece na estação de aquecimento aos devidos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação, e calculam-se segundo a Equação (37) [5].

$$Q_{int,v} = 4 \times A_p \times 2,928 \quad (37)$$

Em relação ao caso em estudo, os ganhos internos foram calculados e são apresentados no Anexo F.3. Os ganhos internos de referência são iguais aos obtidos pela equação anterior.

3.8.3.2. Ganhos solares

Os ganhos solares brutos, $Q_{sol,v}$, em kWh, resultam da radiação solar que incide tanto na envolvente opaca como na envolvente envidraçada. São calculados segundo a Equação

(38), que estabelece uma relação entre a radiação solar incidente e a área que efetivamente é colectora dessa radiação [5].

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[I_{sol,j} \sum_n F_{s,v_n,j} \cdot A_{s,v_n,j} \right] \quad (38)$$

Em que:

$I_{sol,j}$ – Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento, em kWh/m²;

$A_{s,v_n,j}$ – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j , em m²;

j – Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

n – Índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j ;

$F_{s,v_n,j}$ – Fator de obstrução da superfície do elemento n , com a orientação j .

A área efetiva coletora da radiação solar de cada vão envidraçado é calculada segundo a Equação (39) [5].

$$A_{s,v_n,j} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \quad (39)$$

Em que:

A_w – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e o caixilho, em m²;

F_g – Fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho nº 15793-1/2013 do presente regulamento;

g_v – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

Em relação à área efetiva coletora através da envolvente opaca exterior, esta é calculada de acordo com a Equação (40).

$$A_{s,v_n,j} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad (40)$$

Em que:

α – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

O coeficiente de absorção da radiação solar depende da cor da superfície exterior da envolvente opaca, que para o caso de estudo é igual a 0,40, correspondente a cor clara.

No que diz respeito ao caso de estudo, os ganhos solares, tanto pela envolvente envidraçada como pela envolvente opaca, foram obtidos pelo Anexo F.3.

Os ganhos térmicos brutos de referência, ou seja, os ganhos internos de referência e os ganhos solares de referência são obtidos pela Equação (41) [5].

$$Q_{g_{sol,v_{ref}}} = \left[g_{v_{ref}} \cdot \left(\frac{A_w}{A_p} \right)_{ref} \cdot I_{sol_{ref}} \right] \cdot A_p \quad (41)$$

Em que:

$I_{sol, ref}$ – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, em kWh/(m².ano);

$g_{v_{ref}}$ – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento, igual a 0,43;

$(A_w/A_p)_{ref}$ – Razão entre a área de vãos e a área útil de pavimento, igual a 20%.

Os ganhos térmicos de referência referentes ao edifício em análise são apresentados no Anexo F.3.

3.8.4. Verificação regulamentar na estação de arrefecimento

Com o procedimento de cálculo e os resultados apresentados neste subcapítulo, os parâmetros mencionados anteriormente são sintetizados na Tabela 21.

Tabela 21 Verificação regulamentar na estação de arrefecimento

Parâmetro	N _{vc}	N _v
Q _{tr,v} - Transferência de calor por transmissão [kWh/ano]	7355,88	-
Q _{ve,v} - Transferência de calor por renovação do ar [kWh/ano]	1495,61	-
Q _{g,v} - Transferência de calor por ganhos térmicos brutos [kWh/ano]	10013,86	12769,1
Necessidades nominais de energia útil, para o arrefecimento [kWh/m ² .ano]	10,35	9,13

Com isto, é possível verificar que as necessidades nominais de arrefecimento são superiores às necessidades nominais de arrefecimento máximas, e por isso, o edifício não cumpre a condição imposta pelo regulamento. De modo a corrigir esta situação, é necessário substituir as portadas interiores de cor clara dos vãos envidraçados do tipo 2 por lonas opacas de cor clara. A nova verificação regulamentar é apresentada na Tabela 22.

Tabela 22 Nova verificação regulamentar na estação de arrefecimento

Parâmetro	N _{vc}	N _v
Q _{tr,v} - Transferência de calor por transmissão [kWh/ano]	7355,88	-
Q _{ve,v} - Transferência de calor por renovação do ar [kWh/ano]	1495,61	-
Q _{g,v} - Transferência de calor por ganhos térmicos brutos [kWh/ano]	9229,67	12769,1
Necessidades nominais de energia útil, para o arrefecimento [kWh/m ² .ano]	8,16	9,13

3.9. Energia para preparação de AQS

A energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias durante um ano é calculada através da Equação (42) [5].

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot 35 \cdot 365}{3600000} \quad (42)$$

Em que:

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência, em l;

O consumo médio diário de referência é calculado através da Equação (43), que relaciona o número de ocupantes, com os gastos unitários de águas de cada ocupante e com a eficiência hídrica [5].

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad (43)$$

Em que:

n – Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e n+1 nas tipologias do tipo Tn com n > 0;

f_{eh} – Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo setor de instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1,00$.

Relativamente ao caso em questão, o consumo médio diário de referência é de 200 l, pois, é um T3 e é usado um sistema de duche sem rótulo de eficiência hídrica. No que diz respeito à energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias são necessários 2971,61 kWh/ano, sendo estes cálculos apresentados no Anexo G.

3.10. Necessidades nominais de energia primária

As necessidades nominais de energia primária, N_{tc} , em kWh_{EP}/(m².ano) de um edifício de habitação, resultam de uma soma entre as várias necessidades de energia, tais como, necessidades de energia relacionadas com o aquecimento (N_{ic}), com o arrefecimento (N_{vc}), com a produção de águas quentes sanitárias (Q_a/A_p) e com a ventilação mecânica (W_{vm}/A_p), subtraindo ainda a contribuição das fontes de energia renováveis ($E_{ren,p}/A_p$). Posto isto, as necessidades nominais de energia primária traduzem-se na Equação (44) [5].

$$\begin{aligned}
N_{tc} = & \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \\
& \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \quad (44) \\
& \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}
\end{aligned}$$

Em que:

N_{ic} – Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo equipamento k, em kWh/(m².ano);

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

N_{vc} – Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo equipamento k, em kWh/(m².ano);

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

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo equipamento k, em kWh/ano;

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

η_k – Eficiência do sistema k; que toma o valor de 1 no caso dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que se deve ser usada a eficiência real do sistema;

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

p – Fontes de origem renovável;

$E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, incluindo apenas a energia consumida, em kWh/ano;

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

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – Fator de conversão de energia útil em energia primária, em kWhEP/kWh;

δ – Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (Nvc) em que pode tomar o valor de 0 sempre que o fator de utilização dos ganhos térmicos seja superior ao respetivo valor de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

Os fatores de conversão de energia útil em energia primária, são definidos pelo regulamento e presentes no Despacho nº 15793-D/2013, sendo estes [5]:

- a) $F_{pu} = 2,5$ kWhEP/kWh para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
- b) $F_{pu} = 1$ kWhEP/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis;
- c) $F_{pu} = 1$ kWhEP/kWh para energia térmica de origem renovável.

Relativamente ao caso de estudo, as necessidades de energia primária foram obtidas conforme a memória descritiva do edifício, presente no Anexo A, e por isso, utilizaram-se os seguintes equipamentos:

- Aquecimento: como não se encontra definido nenhum sistema para aquecimento, é considerado o sistema por defeito, com eficiência igual a 1,00;
- Arrefecimento: como não se encontra definido nenhum sistema para arrefecimento, é considerado um sistema por defeito, com eficiência igual ao limite inferior, ou seja, 2,80;
- Preparação de AQS: como o edifício dispõe de uma rede de abastecimento de combustível gasoso, é utilizado para efeitos de cálculo o sistema por defeito, que tem uma eficiência igual ao limite inferior, ou seja, 0,86.

Com isto, calculou-se as necessidades nominais de energia primária do edifício em análise, resultando no valor de 78,64 kWhEP/(m².ano), sendo possível observar o procedimento de cálculo no Anexo H.1.

Como o objetivo deste caso de estudo é determinar o diferente contributo que as energias renováveis têm para a determinação da classe de eficiência energética e consequentemente a determinação da energia primária, o valor das necessidades de energia primária são obtidos sem qualquer contribuição de energia com origem renovável, nomeadamente energia solar térmica, apesar de ser obrigatório os novos edifícios preverem a instalação de sistemas de coletores solares térmicos sempre que haja exposição solar adequada e área de cobertura suficiente, e por isso este será a solução inicial para a determinação do efeito que cada energia proveniente de fonte renovável provoca na determinação da classe de eficiência energética do edifício em análise.

O valor máximo para as necessidades nominais de energia primária, Equação (45), proceda-se exatamente de igual forma à que é usada para a determinação do valor de N_{tc} , excluindo apenas a energia relacionada com a ventilação mecânica e dos sistemas de aproveitamento de energias renováveis, utilizando apenas os coeficientes de referência anteriormente explicados [5].

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad (45)$$

Em que:

N_i – Necessidades de energia útil de referência para aquecimento, supridas pelo equipamento de referência k, em kWh/(m².ano);

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

N_v – Necessidades de energia útil de referência para arrefecimento, supridas pelo equipamento de referência k, em kWh/(m².ano);

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

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo equipamento k, em kWh/ano;

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

$\eta_{ref, k}$ – Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme regulamento;

j – Fontes de energia;

$F_{pu,j}$ – Fator de conversão de energia útil em energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizados, em kWh_{EP}/kWh;

A determinação deste valor máximo de necessidades nominais de energia primária para o edifício em análise é apresentado no Anexo H.2, resultando no valor de 164,89 kWh_{EP}/(m².ano).

3.10.1. Verificação regulamentar das necessidades de energia primária

Com o procedimento de cálculo e os resultados apresentados neste subcapítulo, os parâmetros mencionados anteriormente são resumidos na Tabela 22.

Tabela 23 Verificação regulamentar das necessidades de energia primária

Parâmetro	N_{tc}	N_t
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	164,89

A classe de eficiência energética de um edifício é dada, pelo rácio entre as necessidades nominais de energia primária reais e as necessidades nominais de referência de energia primária, dividindo-se em 8 classes, apresentadas na Figura 15 [5].

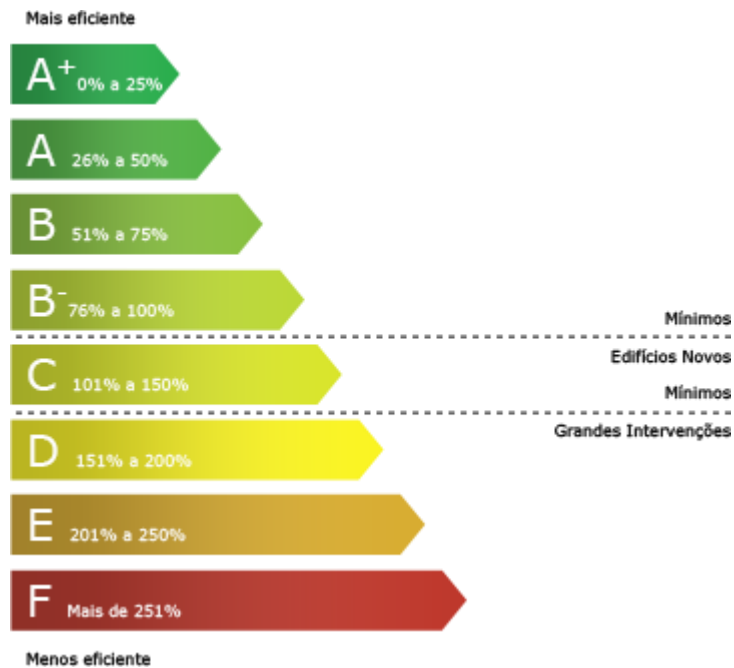


Figura 15 Classes de eficiência energética

Posto isto, o edifício em questão apresenta uma classe de eficiência energética de A, pois o quociente entre N_{ic} e N_t é igual a 0,48, como se pode verificar no Anexo H.3, e por isso, cumpre o regulamento que, obriga a que os edifícios novos tenham classe de eficiência energética no mínimo B⁻.

Como visto pela classe de eficiência energética obtida, o edifício já tem um rácio de eficiência bastante baixo, devendo-se ao facto dos ganhos solares na estação de aquecimento serem extremamente superiores aos ganhos solares de referência.

4. Energias Renováveis

No decorrer deste capítulo será realizado um estudo dos sistemas que podem ser instalados na habitação em análise, de forma a analisar a contribuição que cada tipo de energia renovável tem na determinação da classe de eficiência energética.

Os sistemas de aproveitamento de energia geotérmica e de produção de energia eléctrica com base em mini-hídricas de açude, não podem ser analisados devido à inexistência da possibilidade de instalação de um destes sistemas atendendo à localização da habitação.

Em relação aos sistemas de produção de energia através de bombas de calor, geotérmicas ou aerotérmicas, a forma como os valores do calor utilizável estimado produzido por bombas de calor (Q_{usable}) e o fator médio de eficiência sazonal (SPF) devem ser estimados ainda não foram divulgados por parte da DGEG.

Os sistemas possíveis de analisar para este caso de estudo são os sistemas de aproveitamento de energia solar para a produção de águas quentes sanitárias (sistema solar térmico) ou para a produção de energia eléctrica (sistema solar fotovoltaico), o sistema de aproveitamento de energia eólica para a produção de energia eléctrica através de um aerogerador (sistema eólico) e, por fim, os sistemas de queima de biomassa, tanto para aquecimento ambiente, como para a preparação de águas quentes sanitárias.

4.1. Sistema solar térmico

Os sistemas solares térmicos tem como fonte de energia o sol, tornando-se assim no sistema mais simples, eficiente e económico para o aquecimento das águas quentes sanitárias, visto que, conseguem aquecer as águas durante quase todo o ano, tendo como princípio de funcionamento o efeito de estufa.

O seu modo de funcionamento resulta no aproveitamento da radiação solar que incide sobre a superfície do painel, aquecendo os tubos por onde o fluido circula e, deste modo, o fluido permutará o calor geralmente dentro do acumulador através de uma serpentina para a água de consumo. Em sistemas do tipo termossifão, a circulação do fluido dá-se de forma natural através das diferenças de densidade entre a água fria e a água quente, enquanto num sistema do tipo circulação forçada, como o próprio nome indica, a circulação é forçada através de uma bomba de circulação, sendo esta bomba necessária devido devido essencialmente ao facto de, o acumulador não estar localizado perto dos coletores.

Visto que a instalação deste tipo de sistema é obrigatório sempre que existe exposição solar adequada, face ao Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto, a classe de eficiência energética irá sempre ter a contribuição de energias renováveis, o que se traduzirá num aumento da classe de eficiência energética do edifício.

A energia produzida por um sistema solar térmico, tanto do tipo termossifão como do tipo circulação forçada, deve de ser determinada através do *software* “SolTerm” do LNEC, obedecendo aos seguintes requisitos:

- A energia fornecida tem de ser igual ou superior à energia obtida pelos coletores padrão;
- A energia é calculada para 1 coletor padrão por cada habitante convencional;
- A área de coletores pode ser reduzida até 50% da área de cobertura com exposição solar adequada.

Os sistemas de coletores solares térmicos a instalar devem produzir tanto ou mais energia que o valor obtido para o sistema constituído por coletores padrão. As características do coletor padrão, são definidas pelo regulamento e apresentadas na Tabela 24, sendo que, deve ser orientado a Sul e com inclinação de 35° [5].

Tabela 24 Características técnicas do coletor solar padrão

Parâmetro	Valor
Área de abertura [m ²]	0,65
Rendimento ótico [%]	73
Coefficiente de perdas a1 [W/m ² .K]	4,12
Coefficiente de perdas a2 [W/m ² .K ²]	0,014
Modificador de ângulo para incidência de 50°	0,91

Em relação aos consumos de água quente sanitária pelos ocupantes da habitação, foram estimados com consumos horários que são expostos na Tabela 25.

Tabela 25 Consumos de água quente sanitária

Hora	Semana	Fim de semana
	Volume [L]	Volume [L]
7 – 8	80	80
13 – 14	20	20
19 – 20	80	80
20 – 21	20	20

Nota: Os restantes períodos não apresentam consumos.

Como os coletores solares térmicos a utilizar devem garantir que a energia obtida durante um ano seja igual ou superior à obtida com o sistema padrão através do “SolTerm” em que os relatórios gerados pelo *software* são apresentados no Anexo I.1 e no Anexo I.2, tanto para um sistema do tipo termossifão como do tipo circulação forçada. Em relação aos sombreamentos do horizonte são inexistentes, mas considerados por defeito de 3° e o caudal específico, o caudal na bomba e a velocidade na tubagem são aferidos consoante o sugerido pelo programa. A energia produzida pelo sistema padrão é exibida na Tabela 26.

Tabela 26 Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada

Parâmetro	Termossifão	Circulação forçada
Sombreamentos	3°	3°
Número de coletores	5	5
Área coletora total [m ²]	3,25	3,25
Localização do depósito	Exterior	Interior
Capacidade do depósito [L]	300	300
Posição do depósito	Horizontal	Vertical
Tubagem interior [m]	0	18
Tubagem exterior [m]	5	4
Apoio	Caldeira a gás natural	Caldeira a gás natural
Energia fornecida [kWh/ano]	1862	1881

Após a análise dos resultados da tabela anterior, é necessário dimensionar um sistema capaz de produzir a mesma ou mais energia face aquela apresentada na Tabela 26 para os diferentes sistemas. Para efeitos de dimensionamento, foram utilizados os coletores da marca “Solius”, modelo *Ecokit 300* (termossifão, resultando na instalação de dois coletores *SilverSol2* com depósito exterior) e *Silversol2* (circulação forçada), com principais características exibidas na Tabela 27 [7].

Tabela 27 Características técnicas dos coletores solares da marca “Solius”

Parâmetro	<i>Ecokit 300</i>	<i>SilverSol2</i>
Área de abertura [m ²]	3,82	1,91
Rendimento ótico [%]	74,50	74,50
Coefficiente de perdas a1 [W/m ² .K]	3,56	3,56
Coefficiente de perdas a2 [W/m ² .K ²]	0,017	0,017

A energia produzida pelos sistemas anteriormente referidos, com auxílio do programa “SolTerm”, é exibida na Tabela 28, sendo que esta é a contribuição que cada sistema irá promover na determinação da nova classe de eficiência energética. Os relatórios dos sistemas criados pelo programa são apresentados no Anexo I.3 e I.4 para o sistema termossifão e circulação forçada.

Tabela 28 Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada

Parâmetro	Termossifão	Circulação forçada
Sombreamentos	3°	3°
Número de coletores	2	2
Área coletora total [m ²]	3,82	3,82
Localização do depósito	Exterior	Interior
Capacidade do depósito [L]	300	300
Posição do depósito	Horizontal	Vertical
Tubagem interior [m]	-	18
Tubagem exterior [m]	-	4
Apoio	Esquentador a gás natural	Esquentador a gás natural
Energia fornecida [kWh/ano]	2023	2111

A determinação da classe de eficiência energética com a utilização deste tipo de sistemas é apresentada na Tabela 29, sendo que, o seu cálculo discriminado é apresentado no Anexo I.5 para o sistema termossifão, e no Anexo I.6 para o sistema circulação forçada.

Tabela 29 Classe de eficiência energética com sistema solar térmico

Parâmetro	Solução base	Termossifão	Circulação forçada
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	68,72	68,28
Necessidades nominais de energia primária máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	164,89	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,42	0,41
Classe de eficiência energética	A	A	A

Como a energia fornecida tanto por um sistema termossifão como por um sistema de circulação forçada é relativamente pequena, a diferença entre as necessidades nominais de energia primárias e as necessidades nominais de energia primária de referência também é pequena, o rácio de eficiência energética igualmente, e por isso, a classe de eficiência

energética é apenas diferente num único ponto percentual, como se pode verificar na Figura 16.

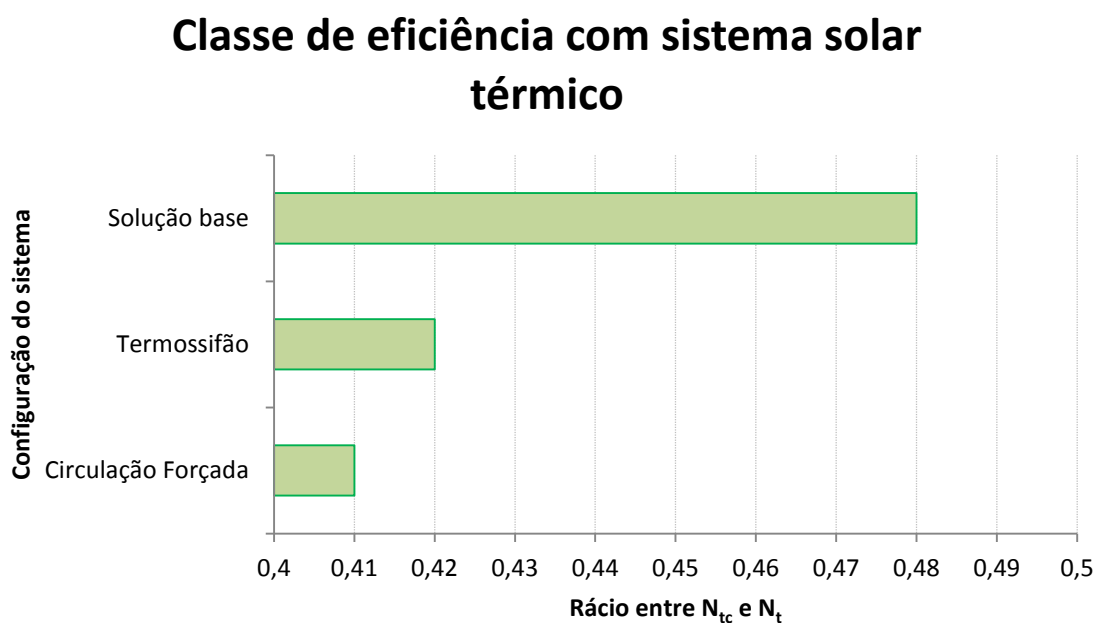


Figura 16 Classe de eficiência energética com sistema solar térmico

Como diferença no rácio de eficiência energética é mínima, esta observação leva a crer que um sistema termossifão e um sistema de circulação forçada, em termos de contribuição de energia e determinação de classe energética, são praticamente idênticos. O mesmo acontece em comparação com a solução base, ambos traduzem praticamente a mesma redução do rácio de eficiência energética.

4.2. Sistema solar fotovoltaico

Os sistemas solares fotovoltaicos, tal como os sistemas solares térmicos, têm como fonte de energia o sol, mas cada um com finalidades diferentes, sendo que os sistemas fotovoltaicos têm como função a produção de energia elétrica.

Os módulos fotovoltaicos são capazes de produzir energia elétrica a partir de energia solar, através das suas células formadas por placas de material semicondutor em silício. Os

rendimentos de conversão de energia solar em eletricidade são bastante baixos, entre os 20 e os 28% (máximo teórico) [8].

Em Portugal, existem dois regimes de produção de energia elétrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos, em unidades de autoconsumo e unidades de pequena produção. Os sistemas destinados ao autoconsumo, como o nome indica, destina-se a que a energia produzida seja consumida diretamente, enquanto as unidades de pequena produção tem como objetivo produzir energia para depois injetar na rede elétrica.

A energia que se traduzirá na contribuição que um sistema fotovoltaico tem na determinação de uma nova classe de eficiência energética, é apenas aquela que é autoconsumida. Como se trata de uma habitação em fase de projeto, e como não existem consumos reais para se poder dimensionar corretamente um sistema solar fotovoltaico, será analisado um sistema constituído por 6 módulos de 250 Wp cada, e por isso, uma potência total de 1,5 kW, o que significa que se trata de um sistema destinado apenas ao autoconsumo e que não necessitará de registo no Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção (SERUP) e, conseqüentemente, terá uma isenção de taxas de registo. Os módulos existentes no mercado e que são utilizados para o estudo do efeito que um sistema fotovoltaico provoca na eficiência energética de uma habitação são os módulos comercializados pela marca “Solius”, modelo *Kioto Solar*, com as suas principais características apresentadas na Tabela 30 e ficha técnica no Anexo J.1 [9].

Tabela 30 Principais características dos módulos fotovoltaicos *Kioto Solar*

Dados técnicos	<i>Kioto Solar</i>
Rendimento [%]	15,2
Tensão em vazio [V]	37,84
Corrente curto circuito [A]	8,85
Tensão nominal [V]	30,56
Corrente nominal [A]	8,21
Potência nominal [W]	250

A energia autoconsumida, por se tratar de uma habitação em fase de projecto, e portanto, não existem diagramas de consumos, será assumido que 75% da energia produzida pelo sistema será consumida.

Com recurso ao *software* “PVgis” é possível obter a produção mensal/anual média do sistema constituído por 6 módulos, localizado no Porto, com azimute de 0° e inclinação de 35° [10]. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 31, bem como a energia consumida pela habitação.

Tabela 31 Produção do sistema fotovoltaico e consumo elétrico da habitação

Mês	Produção Mensal [kWh]	Consumo Mensal [kWh]
Janeiro	137,00	102,75
Fevereiro	172,00	129,00
Março	230,00	172,50
Abril	230,00	172,5
Maio	253,00	189,75
Junho	247,00	185,25
Julho	263,00	197,25
Agosto	261,00	195,75
Setembro	238,00	178,50
Outubro	199,00	149,25
Novembro	147,00	110,25
Dezembro	127,00	92,25
Total	2504,00	1878,00

A Figura 17 mostra como a curva de consumos é sempre inferior em 25% à curva de produção do sistema fotovoltaico.

Produção estimada vs Consumo estimado

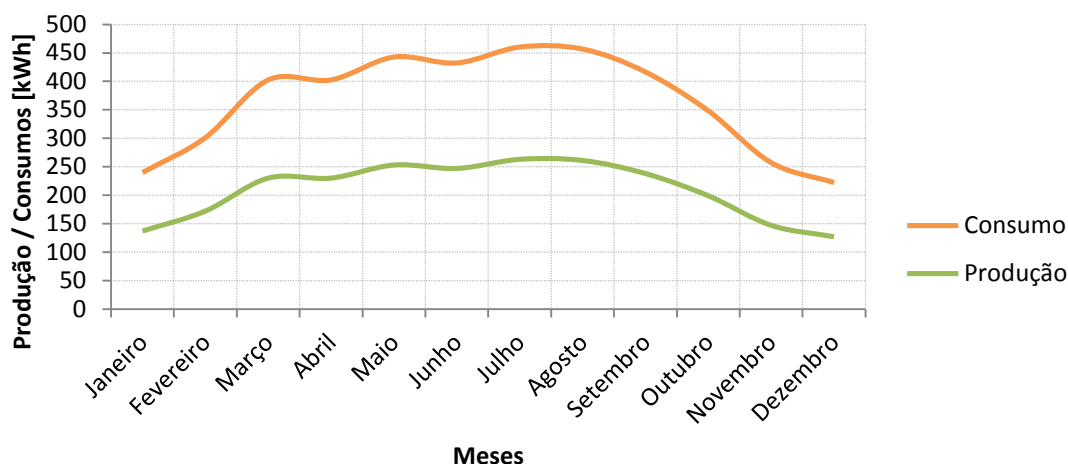


Figura 17 Produção estimada vs consumo estimado

Em comparação com o sistema padrão, o sistema solar fotovoltaico produz mais energia, como se pode comparar com o valor obtido pela Tabela 26.

Com o consumo obtido pela tabela anterior, é possível estimar a nova classe de eficiência energética da habitação, presente na Tabela 32, com a instalação deste tipo de sistema, em que os cálculos inerentes à determinação da nova classe são apresentados no Anexo J.2.

Tabela 32 Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico com função de produção de energia elétrica

Parâmetro	Solução base	Sistema Fotovoltaico
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	58,84
Necessidades nominais de energia primária máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,36
Classe de eficiência energética	A	A

Face aos resultados obtidos, o sistema solar fotovoltaico com 1,5 kW de potência, indica uma redução de 12% no rácio de eficiência energética, mas no entanto a classe mantém-se em A, como se pode verificar na Figura 18.

Classe de eficiência com sistema solar fotovoltaico

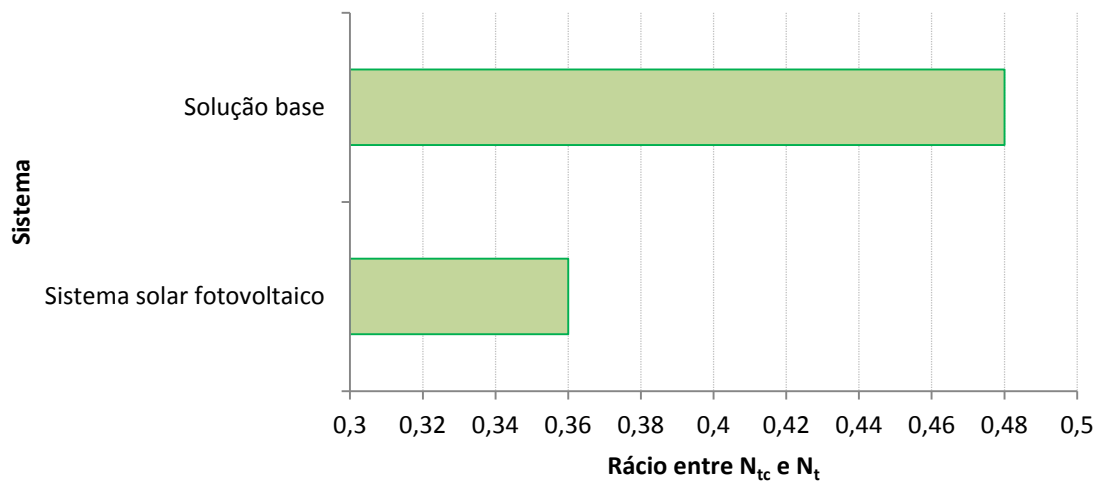


Figura 18 Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico

4.3. Sistemas eólicos

Os sistemas eólicos, ou aerogeradores, aproveitam os movimentos do ar provocados pelas diferenças de temperatura entre o ar quente e o ar frio, e conseqüentemente das densidades, uma vez que o ar quente é menos denso que o ar frio, provocando assim movimentos de massas de ar.

Um aerogerador tem como principal função a transformação de energia cinética, proveniente das massas de ar, em energia mecânica, através da rotação das pás da turbina, e por fim, a transformação em energia elétrica por um gerador, que converte a energia rotacional em eletricidade através dos seus campos magnéticos [8].

Em termos de legislação e regimes de produção, o sistema eólico obedece ao mesmo decreto-lei que estabelece os requisitos e limites para a microprodução.

A energia produzida por um aerogerador é quantificada conforme a Equação (46), que resulta no somatório do produto entre a curva de potência do aerogerador e a função de distribuição por classes da velocidade do vento para a localidade em questão [5].

$$E_{ren} = \sum_{i=1}^n P_{(i)} \times F_{(i)} \quad (46)$$

Em que:

i – Classes de vento, em intervalos não superiores a 1m/s;

$P(i)$ – Potência média do aerogerador na classe “ i ”, em kW;

$F(i)$ – Número de horas de vento na classe “ i ”, em horas.

Caso não exista informação sobre as velocidades do vento por classe, nas regiões exteriores ao perímetro urbano, a produção de energia eléctrica através de microgeradores eólicos é dada pela multiplicação entre o número de horas anuais equivalentes à potência nominal (NEP’s), que são fornecidas pelo LNEC para as cotas de 10 m e de 20 m. Caso a cota seja inferior a 10 m, assume-se os valores de 10 m, caso esteja dentro do intervalo, o valor de NEP’s é obtido através de uma interpolação linear, e por fim, caso sejam superiores a 20 m, é assumido o valor para a cota de 20 m.

Quando se situa numa zona interior dos perímetros urbanos, e na ausência de dados, dever-se-á assumir como valor máximo, um número de horas anuais equivalentes de 750h. Para estas duas situações referidas anteriormente, a energia produzida num ano é obtida pela Equação (47) [5].

$$E_{ren} = NEP's \cdot P_{nom} \quad (47)$$

Em que:

NEP’s – Horas anuais equivalentes à P_{nom} , em horas.ano;

P_{nom} – Potência nominal da turbina, em W.

Como a potência máxima de uma instalação destinada apenas à produção de energia para autoconsumo sem que seja necessário o pagamento de taxas de exploração é de 1,5 kW, e por isso, o sistema em estudo para esta habitação será constituído por um aerogerador da marca “EFFSUN”, modelo T12/1000 em que as suas principais características são apresentadas na Tabela 33, e a sua ficha técnica no Anexo K.1, com uma potência nominal de 1000 W [11].

Tabela 33 Principais características do aerogerador T12/1000

Dados técnicos	T12/1000
Potência nominal [W]	1000
Diâmetro do rotor [m]	3,20
Intervalo da velocidade do vento [$m.s^{-1}$]	2,80 - 20

Como a potência nominal do aerogerador é 1000 W, é possível obter a contribuição que um sistema eólico provocará na determinação da nova classe energética, aplicando-se a Equação (47), com o resultado apresentado na Tabela 34.

Tabela 34 Contribuição do aerogerador com função produção de energia elétrica para a determinação da classe energética

Parâmetro	Valor
Potência nominal da turbina [kW]	1,00
Número de horas anuais equivalente à potência nominal [h]	750
Contribuição do aerogerador para a determinação da classe [kWh/ano]	750

É de salientar que o sistema eólico produz menos energia que o sistema utilizando o coletor padrão. No entanto, optou-se por continuar os cálculos mesmo com esta limitação.

Com a contribuição energética do aerogerador obtida na tabela anterior, é assim possível, determinar a nova classe energética, apresentada na Tabela 35, em que os cálculos intermédios para a obtenção deste resultado são apresentados no Anexo K.2.

Tabela 35 Classe de eficiência energética com aerogerador com função de produção de energia elétrica

Parâmetro	Solução base	Sistema Eólico
Necessidades nominais de energia primária [$kWh_{EP}/(m^2.ano)$]	78,64	70,73
Necessidades nominais de energia primária máximas [$kWh_{EP}/(m^2.ano)$]	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,43
Classe de eficiência energética	A	A

Pelo resultado na tabela anterior, um sistema eólico com uma potência de 1 kW, apenas traduz uma redução de 5 pontos face ao rácio de eficiência energética obtido sem a utilização de sistema de origem renovável, como é possível confirmar na Figura 19.

Classe de eficiência com sistema eólico

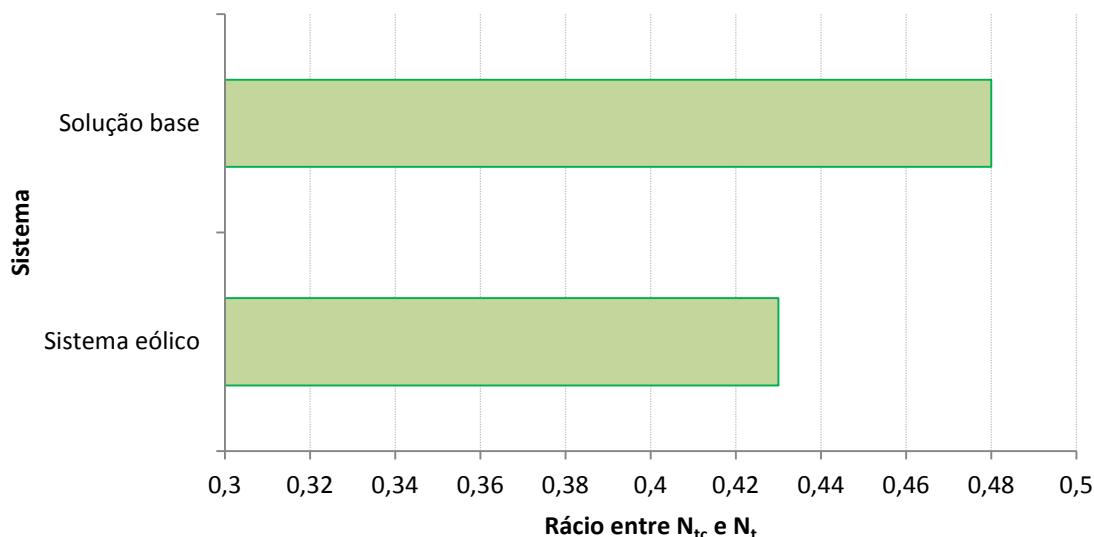


Figura 19 Classe de eficiência energética com sistema eólico

4.4. Biomassa

A biomassa, segundo o Artigo 3º do decreto-Lei nº 178/2006, são os produtos que consistem, na totalidade ou em parte, numa matéria vegetal proveniente da agricultura ou da silvicultura, que pode ser utilizada como combustível para efeitos de recuperação do seu teor energético [12]. Como exemplos de biomassa tradicional existem a lenha, casca/palha de arroz, entre outros resíduos vegetais ou animais, e como exemplos da chamada nova biomassa existem os materiais produzidos em grande escala, tais como: culturas energéticas ou resíduos orgânicos, com o objetivo de serem convertidos em calor ou combustíveis, sólidos, líquidos ou gasosos.

A biomassa pode ser chamada de energia limpa, uma vez que o dióxido de carbono resultante da sua queima tinha sido anteriormente absorvido pelas plantas que deram origem à biomassa, e por isso, o balanço de emissões de dióxido de carbono é nulo.

O exemplo de biomassa mais utilizado em edifícios de habitação é a lenha, que representa cerca de 36% do consumo de energia final para aquecimento ambiente e produção de águas quentes sanitárias. Uma nova forma de utilização de biomassa são os *pellets*, que são formados por resíduos de serrações e do processamento de madeiras, que a pequenos grânulos tornam-se num tipo de biomassa mais simples, cómoda e económica em relação a outras fontes de energia [8].

Relativamente à contribuição da utilização de um sistema de queima de biomassa sólida, este sistema pode ter 3 configurações possíveis, apenas aquecimento, apenas produção de águas quentes sanitárias e por fim, um sistema integrado de aquecimento e produção de AQS.

4.4.1. Sistema com função de aquecimento

A contribuição da utilização de um sistema de queima de biomassa para a climatização do edifício, E_{ren} , em kWh/ano, nomeadamente, para o aquecimento da habitação, é dada pela Equação (50) [5].

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} \quad (48)$$

Em que:

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo(s) sistema(s) a biomassa;

η_k – Eficiência do sistema a biomassa;

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

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, em $kWh/(m^2 \cdot ano)$.

Relativamente à parcela das necessidades de energia para aquecimento pelos sistemas a biomassa, esta deve ser estimada através da área que é servida pelo sistema, A_s , em m^2 , face à área total útil de pavimento, A_p , em m^2 , como mostra a Equação (51) [5].

$$f_{i,k} = \frac{A_s}{A_p} \quad (49)$$

Para o caso de estudo, foi feita uma análise para a implementação de uma caldeira a *pellets* com a finalidade de realizar aquecimento central através de radiadores, obtendo-se deste modo a maior contribuição possível deste sistema. Utilizou-se uma solução real existente no mercado, uma caldeira a *pellets* da marca “Solius”, modelo *Hidrapellets* em que as suas principais características são apresentadas na Tabela 36 e a sua ficha técnica no Anexo L.1 [13].

Tabela 36 Principais características da caldeira *Hidrapellets*

Dados técnicos	<i>Hidrapellets 24</i>
Potência no queimador [kW]	25,30
Potência nominal [kW]	22,40
Potência mínima [kW]	7,30
Potência nominal para a água [kW]	18,30
Rendimento de combustão [%]	88,30
Consumo de <i>pellets</i> 6mm [kg/h]	1,50 – 5,20
Saída de fumos [mm]	Ø80

Aplicando-se a Equação (50), obtém-se a contribuição que o sistema de aquecimento central através de uma caldeira a *pellets* tem na obtenção da classe de eficiência energética do edifício em questão, apresentada na Tabela 37.

Tabela 37 Contribuição da caldeira a *pellets* com função de aquecimento para a determinação da classe energética

Parâmetro	Valor
Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [kWh/(m ² .ano)]	22,71
Área útil de pavimento [m ²]	237,12
Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pela caldeira a <i>pellets</i>	1,00
Área útil de pavimento [m ²]	237,12
Área climatizada pela caldeira a <i>pellets</i> [m ²]	237,12
Eficiência da caldeira a <i>pellets</i> [%]	88,30
Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> para a determinação da classe [kWh/ano]	6099,06

Pela tabela anterior, verifica-se que a energia produzida pelo sistema a biomassa é muito superior à energia produzido pelo sistema padrão.

Com a determinação da contribuição energética da caldeira a *pellets* para as necessidades de energia, é possível calcular a nova classe energética como se pode verificar na Tabela 38, sendo que os cálculos intermédios são apresentados no Anexo L.3.

Tabela 38 Classe de eficiência energética com caldeira a *pellets* com função de aquecimento

Parâmetro	Solução base	Caldeira a <i>pellets</i>
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	21,86
Necessidades nominais de energia primária máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,13
Classe de eficiência energética	A	A⁺

4.4.2. Sistema de produção de AQS

Caso o sistema seja apenas utilizado para produção de águas quentes sanitárias, a contribuição do sistema a biomassa é dada pela Equação (52) [5].

$$E_{ren} = \left(\frac{Q_a}{\eta_k} \right) \cdot f_{a,k} \quad (50)$$

Em que:

$f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia para preparação de AQS supridas pelo sistema a biomassa;

η_k – Eficiência do sistema a biomassa;

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, em kWh/ano.

Para este tipo de configuração, será utilizado o mesmo equipamento apresentado no subcapítulo 4.4.1, sendo que agora terá apenas a função de preparação de águas quentes sanitárias e terá uma potência inferior (13 kW). Deste modo, a contribuição que esta configuração tem na determinação da classe energética é apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 Contribuição da caldeira a *pellets* com função de preparação de AQS para a determinação da classe energética

Parâmetro	Valor
Energia útil para produção de AQS [kWh/ano]	2971,61
Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pela caldeira a <i>pellets</i>	1,00
Eficiência da caldeira a <i>pellets</i> [%]	88,30
Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> para a determinação da classe [kWh/ano]	3365,35

De salientar que a energia produzida por este sistema é igualmente superior à energia produzida pelo sistema padrão.

Com a determinação da contribuição que a caldeira a *pellets*, é possível calcular a nova classe de eficiência energética, como se pode verificar na Tabela 40, com os cálculos intermédios apresentados no Anexo L.4.

Tabela 40 Classe de eficiência energética com caldeira a *pellets* com função de preparação de AQS

Parâmetro	Solução	Valor
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	64,06
Necessidades nominais de energia primária de máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,39
Classe de eficiência energética	A	A

4.4.3. Sistema de aquecimento central e produção de AQS

A última configuração possível que um sistema a biomassa pode ter, é caso o sistema tenha dupla função, ou seja, aquecimento ambiente e preparação de AQS, sendo esta possível contribuição expressa pela Equação (53) [5].

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} + \left(\frac{Q_a}{\eta_k} \right) \cdot f_{a,k} \cdot f_{r,a} \quad (51)$$

Em que:

$f_{r,a}$ – Toma o valor de 1, exceto quando o sistema for instalado num espaço interior útil do edifício ou fracção e condiciona o ambiente do mesmo, tomando, nestes casos, o valor de $M/12$, em que M é a duração da estação de aquecimento em meses.

Como existe um fator que influencia a contribuição do sistema a biomassa devido ao facto de que se este é instalado ou não num espaço interior útil, promovendo o aquecimento desse mesmo espaço, é feita assim, uma análise com dois diferentes sistemas. O primeiro sistema diz respeito a um sistema de aquecimento ambiente e produção de AQS através de uma caldeira a *pellets* instalada num espaço não útil (garagem) e o segundo sistema trata-se de um sistema de aquecimento central e produção de águas quentes sanitárias através de um recuperador de calor hidráulico instalado na sala de estar.

Em relação à caldeira, será a mesma utilizada no estudo das diferentes configurações, com as suas principais características apresentadas na Tabela 35. No que diz respeito ao recuperador de calor, será utilizado um equipamento da marca “Solius”, modelo Panorâmico 1050, com as suas principais características exibidas na Tabela 41 e ficha técnica no Anexo L.2 [14].

Tabela 41 Principais características do recuperador de calor Panorâmico 1050

Dados técnicos	Panorâmico 1050
Potência de utilização [kW]	34,50
Potência nominal total [kW]	22,30
Rendimento de combustão [%]	71,00
Saída de fumos [mm]	Ø200

A determinação da contribuição de energia que cada sistema promove no cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária, é apresentada na Tabela 42.

Tabela 42 Contribuição da caldeira a *pellets* e do recuperador de calor com funções de aquecimento central e preparação de AQS para a determinação da classe energética

Parâmetro	Caldeira a <i>pellets</i>	Recuperador de calor
Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [kWh/(m ² .ano)]	22,71	22,71
Área útil de pavimento [m ²]	237,12	237,12
Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelos sistemas	1,00	1,00
Área útil de pavimento [m ²]	237,12	237,12
Área climatizada pelos sistemas [m ²]	237,12	237,12
Eficiência dos sistemas a biomassa [%]	88,30	71,00
Energia útil para produção de AQS [kWh/ano]	2971,61	2971,61
Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelos sistemas	1,00	1,00
Eficiência dos sistemas a biomassa [%]	88,30	71,00
Instalação em espaço interior útil	Não	Sim
Influência ($f_{r,k}$)	1,00	0,50
Contribuição dos sistemas para a determinação da classe [kWh/ano]	9464,41	9682,07

Como se pode verificar pela tabela anterior, ambos os valores de energia produzida por cada um dos sistemas é muito superior à energia produzido pelo sistema padrão.

Na Tabela 43, são exibidos os resultados finais das classes de eficiência energética, para cada um dos equipamentos para aquecimento central e produção de águas quentes sanitárias, em que os cálculos intermédios são apresentados no Anexo L.5 e L.6, para a caldeira a *pellets* e para o recuperador de calor, respetivamente.

Tabela 43 Classe de eficiência energética com caldeira a *pellets* ou recuperador de calor com função de aquecimento central e preparação de AQS

Parâmetro	Solução base	Caldeira a <i>pellets</i>	Recuperador de calor
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	78,64	7,28	16,70
Necessidades nominais de energia primária máxima [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	164,89	164,89	164,89
Rácio de eficiência energética	0,48	0,04	0,10
Classe de eficiência energética	A	A⁺	A⁺

4.4.4. Comparação de resultados

Os valores obtidos com a utilização dos sistemas estudados estão representados na Figura 20. O sistema que traduz maior contribuição para a determinação da nova classe de eficiência energética é o sistema de aquecimento central e preparação de águas quentes sanitárias através de uma caldeira a *pellets*, traduzindo uma diminuição do rácio de eficiência energética em 44 pontos percentuais. Pelo contrário, o sistema que origina menor contribuição, é aquele que apenas tenha como função a preparação de AQS, diminuindo o rácio em apenas 9 pontos percentuais.

Classe de eficiência com sistema a biomassa

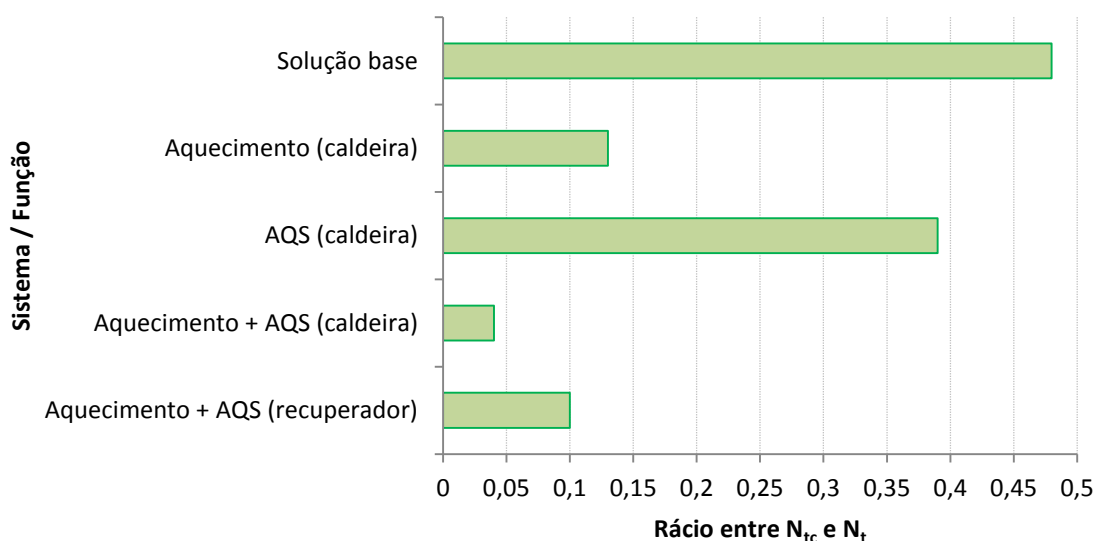


Figura 20 Classe de eficiência energética com sistemas de queima de biomassa

5. Análise Económica

Este capítulo tem como objetivo a análise económica de cada sistema, apresentados no capítulo anterior.

Para tal, é necessário conhecer o investimento que será necessário efetuar para a instalação de cada um dos sistemas já anteriormente analisados. Os preços apresentados na Tabela 44 dizem apenas respeito ao equipamento, ou seja são apresentados os preços de venda ao público, não sendo contabilizada mão de obra nem outros custos inerentes à instalação de cada um dos sistemas. A diminuição percentual do rácio face à solução base, é igualmente apresentado na tabela.

Tabela 44 Investimentos necessários a instalação de cada sistema e diminuição percentual

Sistema	Investimento [€]	Diminuição percentual do rácio [%]
Sistema solar térmico:		
Termossifão	1885,00	6,00
Circulação forçada	2320,00	7,00
Sistema solar fotovoltaico	2378,00	12,00
Sistema eólico	1990,00	5,00
Biomassa:		

Caldeira a <i>pellets</i> (apenas com função de aquecimento)	4031,00	35,00
Caldeira a <i>pellets</i> (apenas com função de produção de AQS)	2931,00	9,00
Caldeira a <i>pellets</i> (com função de aquecimento e produção de AQS)	4959,00	44,00
Recuperador de calor a lenha (com função de aquecimento e produção de AQS)	3315,00	38,00

Face aos investimentos apresentados na tabela anterior e a diminuição do rácio de eficiência energética que cada sistema promove, calculada no capítulo anterior, a Figura 21 mostra o investimento que é necessário efetuar para cada tipo de energia renovável para a diminuição de um ponto percentual no rácio de eficiência energética.

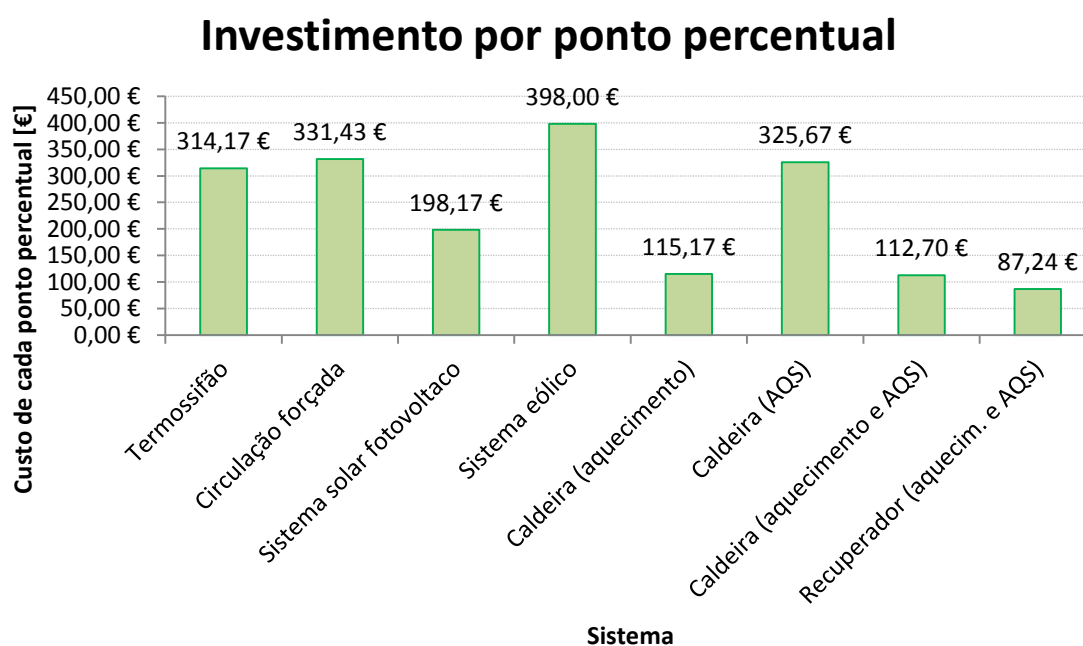


Figura 21 Investimento por ponto percentual

Os resultados da figura anterior, mostram que o melhor sistema em termos financeiros, para efeitos de melhorar da classe de eficiência energética, é o sistema de aquecimento com produção de águas quentes sanitárias através de um recuperador de calor, pois cada

ponto percentual que o sistema contribui para a eficiência energética tem o custo de 87,24€. O pior sistema é o sistema eólico, pois é necessário um investimento elevado e a sua contribuição não é muito significativa, com um custo por ponto percentual de 398,00€.

6. Conclusão

Como o objetivo desta dissertação era analisar o impacto que os sistemas de aproveitamento de fontes renováveis têm na determinação da eficiência energética, houve necessidade de se obter um ponto de partida, ou seja, a obtenção da classe de eficiência energética da habitação sem a implementação de qualquer tipo de energia renovável.

Começou-se por efetuar uma análise das necessidades nominais anuais de aquecimento, em que apenas houve a necessidade de se alterar as características das portas em contacto com o exterior e em contacto com espaços não úteis, e as proteções de alguns vãos envidraçados, de modo a que os requisitos mínimos de qualidade térmica fossem cumpridos. Em relação às necessidades nominais de arrefecimento foi necessário alterar as proteções dos envidraçados para que a verificação regulamentar fosse cumprida. A energia para preparação de AQS e as necessidades nominais de energia primária foram calculadas sem qualquer implicação. Com isto, chegou-se à solução base, obtendo-se a classe de eficiência energética, classe A.

No que diz respeito aos sistemas que utilizam fontes de energia renováveis, mais propriamente os sistemas de produção de águas quentes sanitárias, o sistema solar térmico, tanto termossifão como circulação forçada, traduzem uma melhoria da eficiência energética da habitação em cerca de 6 e 7 pontos, mas tal não se traduz num incremento da

classe de eficiência energética. A implementação de um sistema de preparação de AQS através de uma caldeira a *pellets*, traduz uma diminuição de 9 pontos, mantendo-se na mesma a classe de eficiência energética. Em relação ao custo de investimento por ponto percentual, a preparação de AQS através de um sistema termossifão é mais económico que os restantes, apenas em relação à melhoria da classe energética do edifício, pois, por cada ponto reduzido o investimento é de 314,17€.

Os sistemas de produção de energia elétrica, o sistema solar fotovoltaico e o sistema eólico, por se tratarem de sistemas unicamente destinados a produzir energia elétrica a partir de fontes renováveis, as suas necessidades nominais anuais de energia primária serão pouco diferentes das necessidades sem qualquer tipo de sistema de origem renovável, uma vez que, a energia produzida apenas traduzirá um aumento da eficiência e não uma minimização da energia necessária tanto para aquecimento, como para arrefecimento, e por fim, para produção de águas quentes sanitárias. Em termos de redução do rácio de eficiência energética, o sistema solar fotovoltaico permite uma redução de 12 pontos percentuais, enquanto que, o sistema eólico reduz esse rácio em apenas 5 pontos. Por cada ponto reduzido ao rácio, é necessário um investimento de 198,17€ para o sistema solar fotovoltaico e de 398,00€ para o sistema eólico, o que leva a concluir que, para efeitos de melhoramento do rácio de eficiência energética, o sistema solar fotovoltaico é o melhor.

Em relação ao sistema de climatização, mais propriamente de aquecimento, o sistema de aquecimento central através de uma caldeira a *pellets* com um rendimento de 24 kW promove um aumento da classe de eficiência de energética do edifício, passando de A para A⁺, que em termos de rácio de eficiência energética, representa uma redução de 35 pontos. O custo de cada ponto para este tipo de sistema é de 115,17€, significando assim um sistema mais económico que os anteriores.

Por último, os sistemas com dupla função, ou seja, com a função de aquecimento e de preparação de águas quentes sanitárias, através de uma caldeira a *pellets* ou de um recuperador de calor a lenha, são os sistemas que promovem o maior aumento da eficiência energética do edifício, passando a classe de eficiência de A para A⁺, em ambos os casos. No que respeita ao custo de investimento, são igualmente os mais económicos, sendo o recuperador de calor o de menor custo, sendo o calor de apenas 87,24€, enquanto a caldeira a *pellets* o valor passa a 112,70€, por cada ponto percentual reduzido.

Em resumo, o sistema que maior aumento de eficiência energética promove na certificação do caso de estudo é o sistema de aquecimento e preparação de AQS através de uma caldeira a *pellets*, mas o sistema com o investimento mais económico, por ponto percentual reduzido ao rácio, é o sistema de aquecimento e preparação de AQS através de um recuperador de calor a lenha.

Esta análise apenas peca pelo simples facto da habitação inicial já ter uma boa classe de eficiência energética, sem a utilização de qualquer tipo de sistema de energia renovável, verificando-se assim que a implementação de sistemas de aproveitamento de fontes renováveis não promovem uma redução muito significativa do rácio de eficiência energética, pois apenas havia uma classe de eficiência energética acima do ponto de partida.

Como desenvolvimentos futuros, é aconselhável o estudo dos sistemas de produção de energia através de bombas de calor, geotérmicas ou aerotérmicas, sendo o principal enfoque a forma como os valores do calor utilizável estimado produzido por bombas de calor (Q_{usable}) e o fator médio de eficiência sazonal (SPF) são determinados.

Referências Documentais

- [1] DGEG – “*Caracterização energética nacional*”. (2000) - www.dgeg.pt;
- [2] ADENE – “*Certificados Energéticos por classes 1º Semestre 2013*”. (2013) - www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/EdificiosCertificados/Documents/SCE_Classes_%201%20semestre%202013.pdf;
- [3] ADENE – “*Perguntas e respostas sobre o RCCTE*” (2011) - http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PR_RCCTE_20.pdf
- [4] NETO, Teresa – “*Tecnologia das construções*”. (2015);
- [5] REH – “*Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação*”, Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto;
- [6] DOS SANTOS, Carlos A. Pina; Matias, Luís – “*Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*”. LNEC. (2006);
- [7] SOLIUS – “*Ficha técnica colector solar térmico, modelo SilverSol2*”. (2014) - http://www.solius.pt/docs/solar/Solius_SilverSol2.pdf;
- [8] ISOLANI, Perialdo – “*Eficiência energética nos edifícios residenciais*”. (2008) - http://www2.adene.pt/pt-pt/Actividades/Documents/EE_EdRes_enerbuilding.pdf;
- [9] SOLIUS – “*Ficha técnica do módulo solar fotovoltaico, modelo Kioto Solar 250*”. (2015) - http://www.kiotosolar.com/en/assets/media/downloads/produktdatenblaetter/strom/smart60/KIOTO_SOLAR_DB_SMART60_EN_200215.pdf?PHPSESSID=6ce22522484a461ad42ca6d4ffa53014
- [10] PVGIS – “*Photovoltaic potencial estimation*”. (2015) - <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [11] EFFSUN NEW ENERGY, CO., LTD – “*Gerador eólico T12/1000*”. (2015) - <http://www.soupinto.com/uploads/1/5/9/5/15951086/t12-1000.pdf>
- [12] REGIME GERAL DA GESTÃO DE RESÍDUOS, Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de setembro;
- [13] SOLIUS – “*Ficha técnica caldeira a pellets, modelo Hidrapellets 24*”. (2015) - http://www.solius.pt/docs/biomassa/Solius_HidraPellets18_e_24.pdf;

- [14] SOLIUS – “*Ficha técnica recuperador de calor hidráulico, modelo Panorâmico 1050*”. (2015) - http://www.solius.pt/docs/biomassa/Solius_RecupCalor_Vidro.pdf;

Anexo A. Caso de Estudo

O edifício de habitação unifamiliar em análise situa-se na cidade do Porto, a uma distância da linha costeira inferior a 5km e a uma altitude de 0,06m. É composta por três pisos com área útil e apresenta a fachada principal orientada a noroeste. A Figura 22 apresenta a localização terrestre da habitação.



Figura 22 Localização terrestre da habitação

A fração autónoma em análise, não dispõe de qualquer dispositivo mecânico de extração de ar, com exceção da cozinha onde está prevista a instalação de um exaustor. A caixilharia aplicada nos vãos envidraçados é de classe 2 em termos de permeabilidade ao ar.

Não estão previstos nenhuns sistemas de climatização, tanto de aquecimento como arrefecimento, nem tão pouco para produção de águas quentes sanitárias.

A rua principal possui rede de abastecimento de gás natural.

Anexo A.1 – Características da Envolvente

Elementos horizontais:

- **Cobertura:** constituída por proteção exterior, isolamento térmico XPS, tela de impermeabilização, camada de forma em betão leve, laje aligeirada de betão e acabamento à base de gesso;

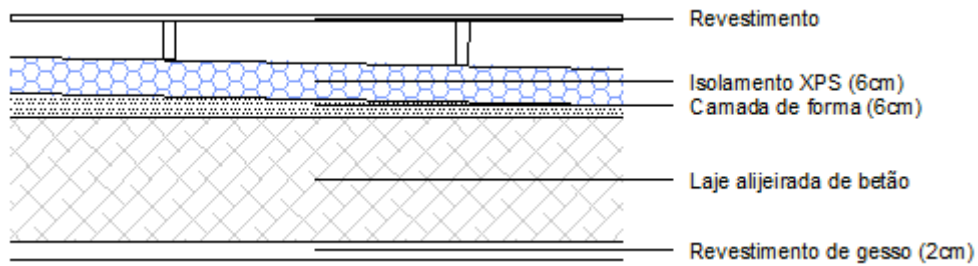


Figura 23 Pormenor construtivo da cobertura em contacto com o exterior

- **Pavimento sobre espaços não úteis:** constituído por revestimento de piso, argamassa de regularização, laje aligeirada de betão e isolamento XPS;

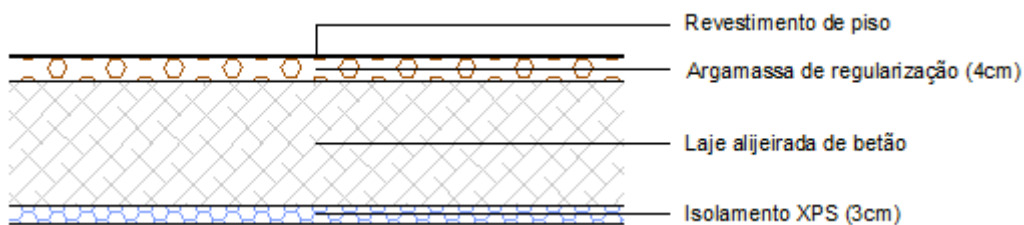


Figura 24 Pormenor construtivo de pavimentos sobre espaços não úteis

- **Pavimento sobre o exterior:** constituído por revestimento de piso, argamassa de regularização, betão armado e isolamento XPS;

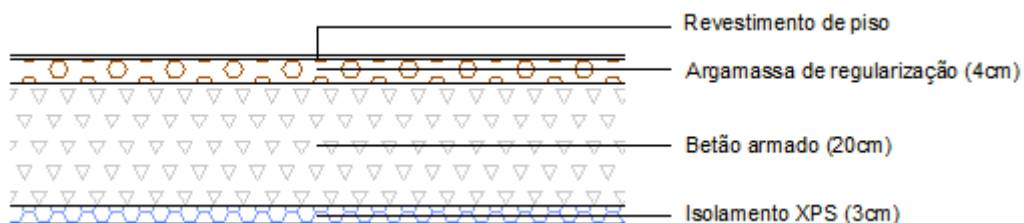


Figura 25 Pormenor construtivo de pavimentos sobre o exterior

- **Pavimento enterrado/térreo:** constituído por revestimento de piso, betão armado e isolamento XPS e base de granulometria.

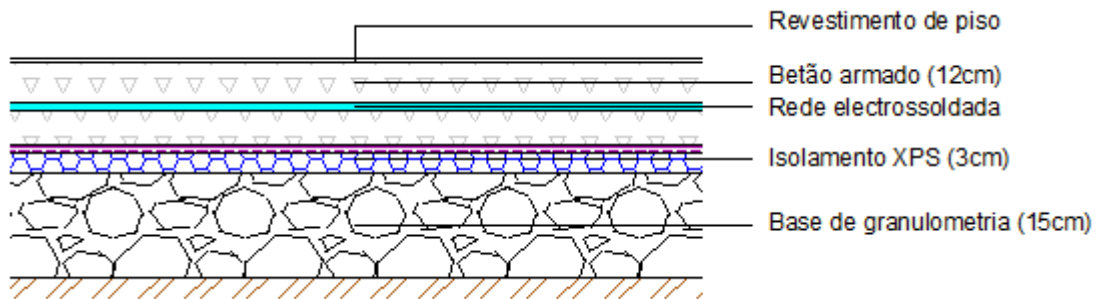


Figura 26 Pormenor construtivo de pavimentos enterrados e pavimentos térreos

Elementos verticais:

- **Parede em contacto com exterior:** constituída por reboco interior e exterior, isolamento PUR, caixa de ar e tijolo cerâmico ao lado da caixa de ar do isolamento;

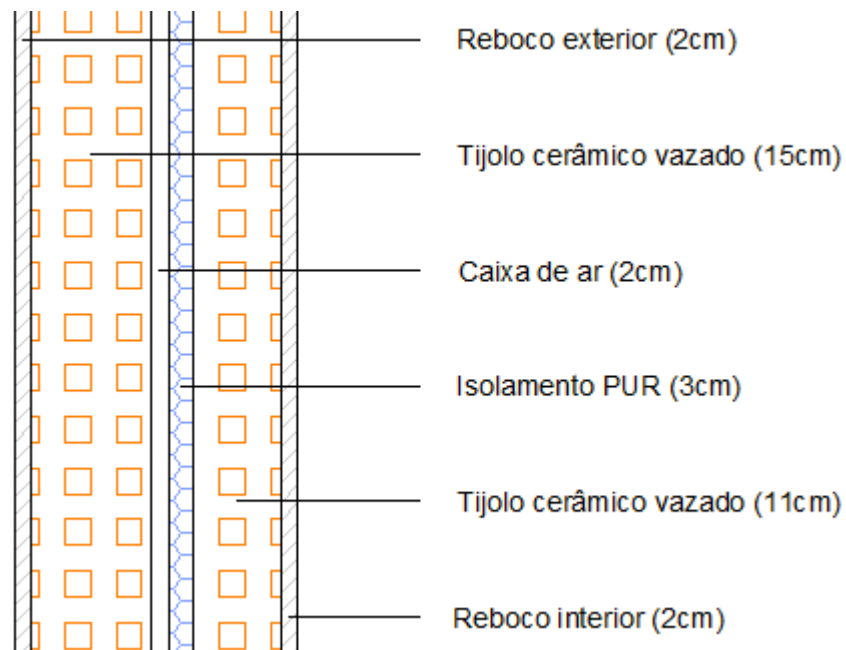


Figura 27 Pormenor construtivo de paredes em contacto com o exterior

- **Parede em contacto com espaço não útil:** constituída por reboco pelo lado interior útil, isolamento XPS, tijolo cerâmico e pladur;

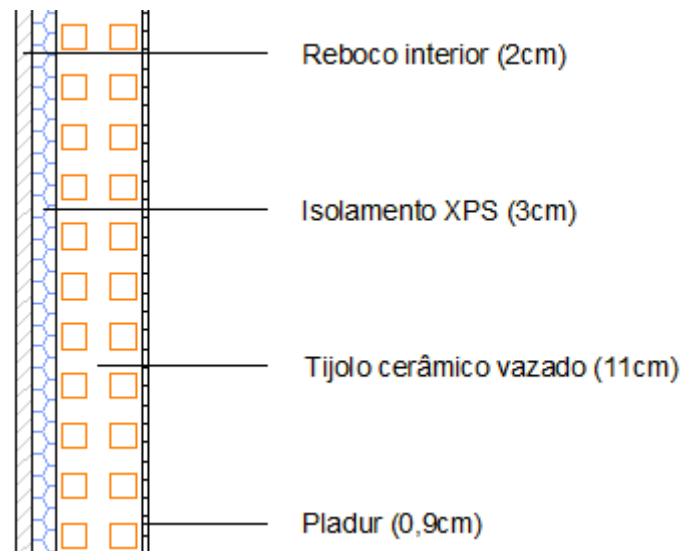


Figura 28 Pormenor construtivo de paredes em contacto com espaços não úteis

- **Parede em contacto com o solo:** constituída por cortina drenante, isolamento XPS, betão armado e reboco interior;

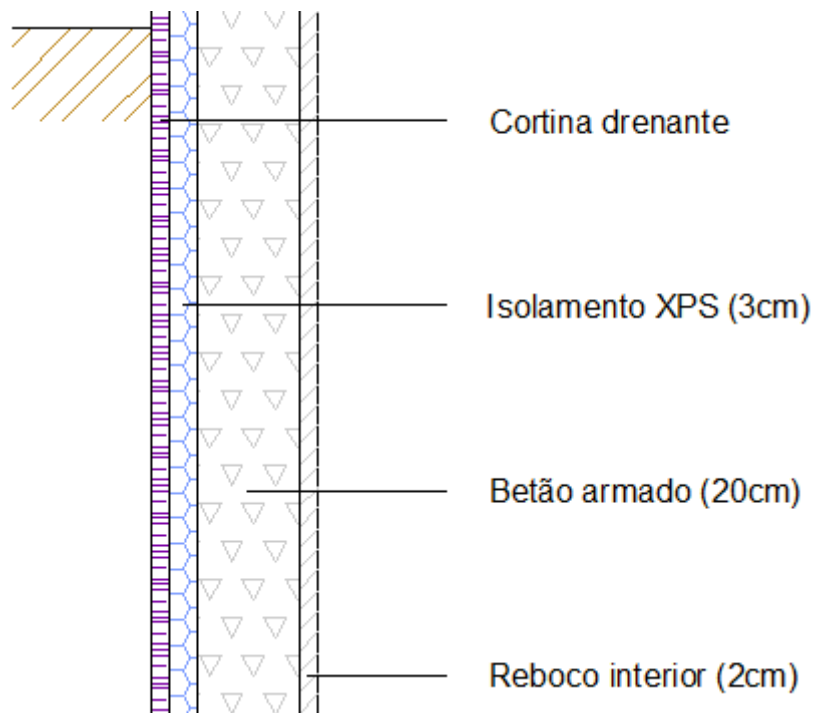


Figura 29 Pormenor construtivo de paredes em contacto o solo

- **Parede em contacto com edifício adjacente:** constituída por reboco interior e exterior, isolamento térmico e acústico de lã mineral e tijolo cerâmico nas duas faces do isolamento.

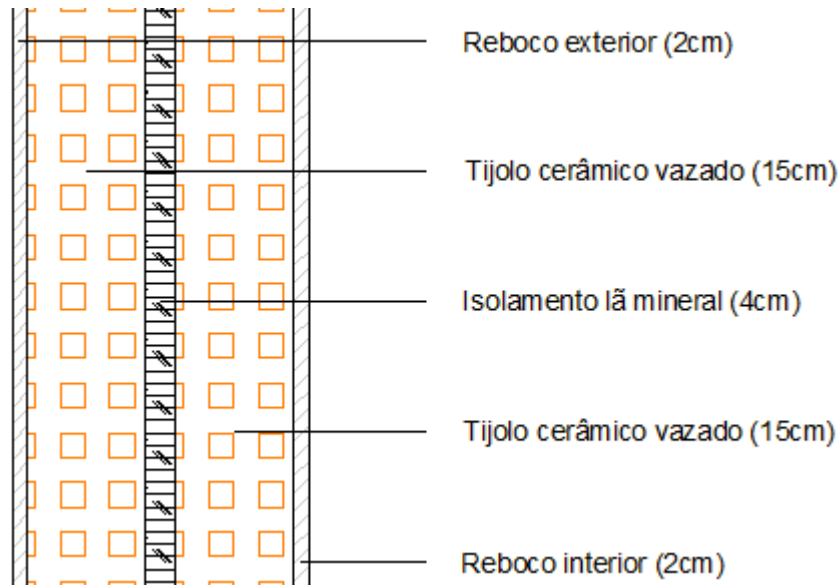


Figura 30 Pormenor construtivo de paredes em contacto com edifícios adjacentes

Elementos envidraçados:

- **Tipo 1 - Vãos envidraçados da cozinha e entrada:** vidro duplo incolor de 6mm + 4 mm com caixilharia metálica com corte térmico;
- **Tipo 2 - Vãos envidraçados da sala do rés do chão, quartos, lavandaria e sala da cave:** vidro duplo incolor de 6mm + 4 mm, caixilharia metálica com corte térmico e portadas interiores de cor clara;
- **Tipo 3 - Vãos envidraçados “super isolantes”:** vidro duplo de isolamento térmico reforçado da marca Saint-Gobain, modelo SGG CLIMALIT PLUS.

Anexo B. Delimitação da envolvente

A delimitação da envolvente do corte C1 é apresentada na Figura 31, o corte C2 na Figura 32 e o corte C3 na Figura 33.

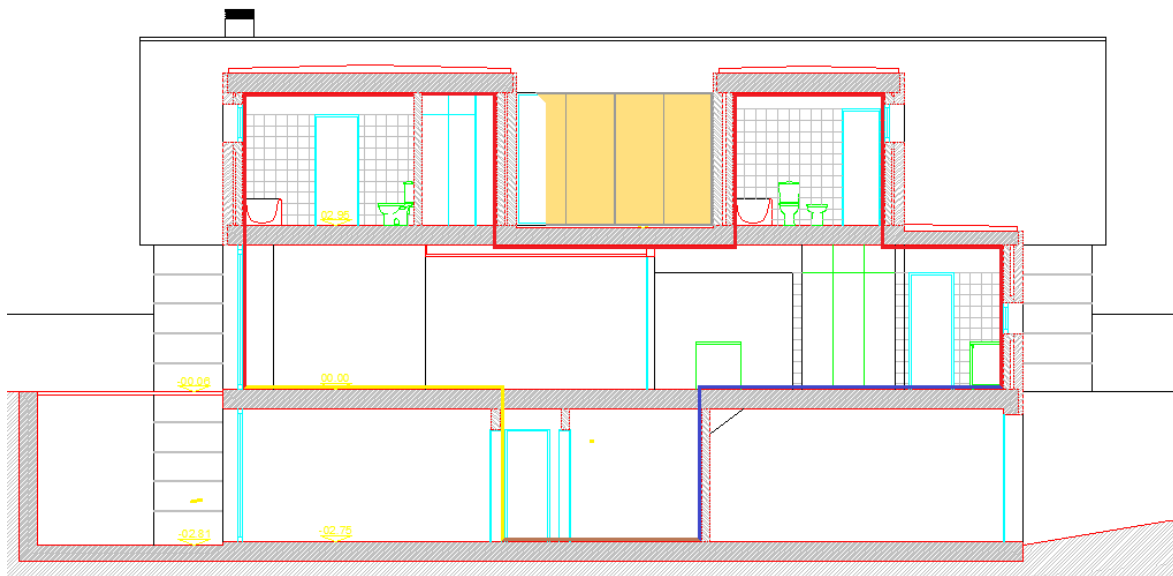


Figura 31 Delimitação da envolvente do corte C1

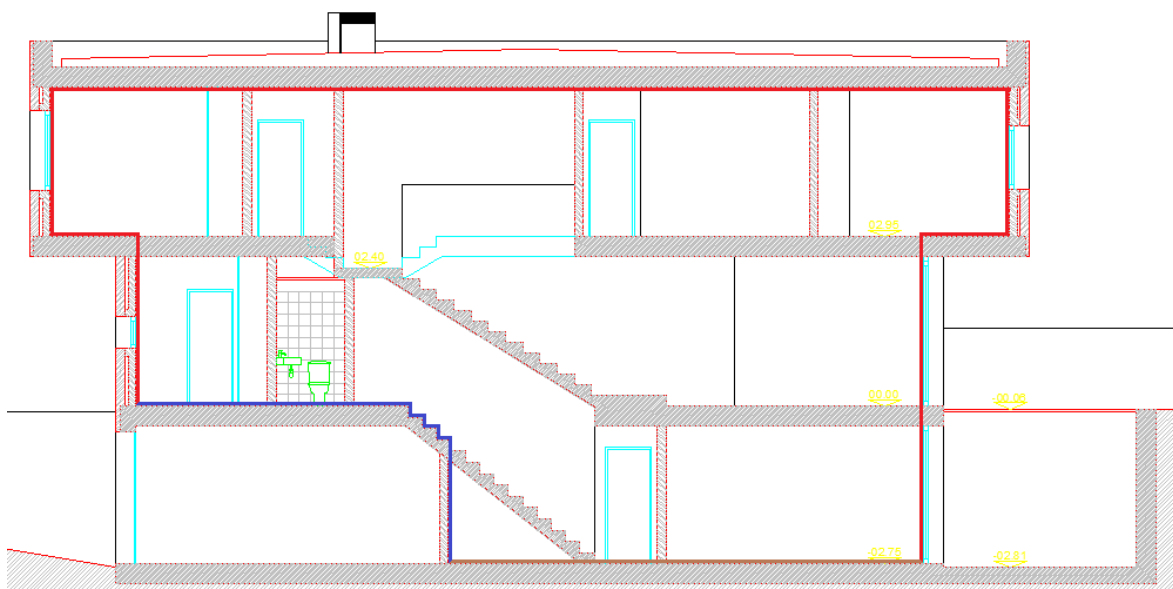


Figura 32 Delimitação da envolvente do corte C2

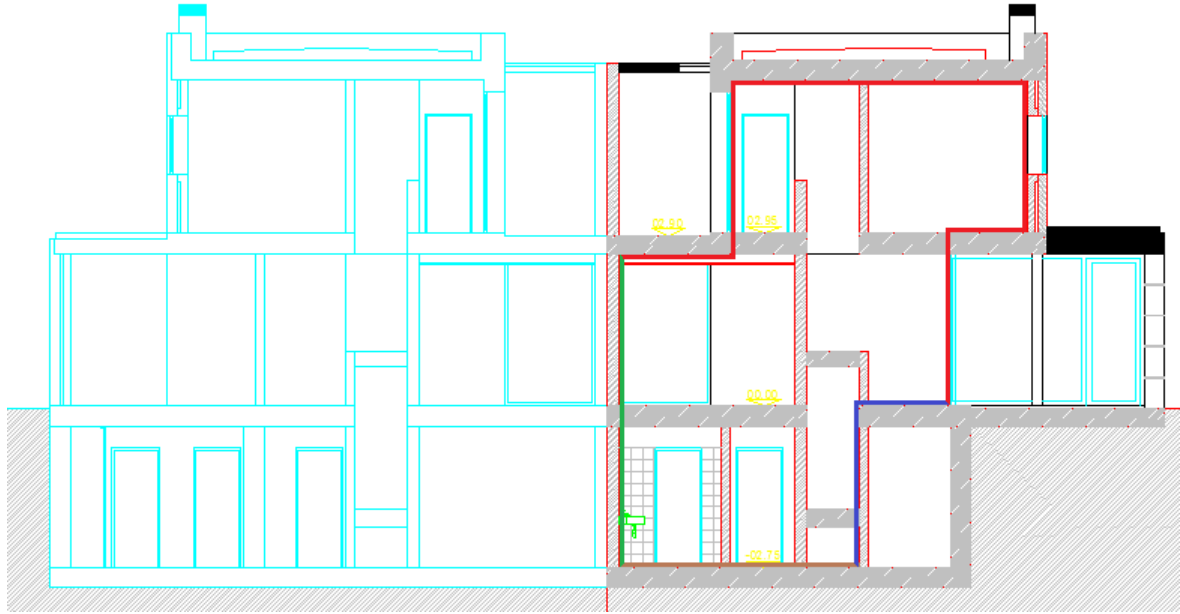


Figura 33 Delimitação da envolvente do corte C3

Anexo C. Requisitos mínimos de qualidade térmica e inércia térmica

O atual anexo tem como função, apresentar os requisitos mínimos de qualidade térmica para as diferentes envolventes, bem como, a determinação da inércia térmica do edifício.

Anexo C.1 – Envolvente opaca

Tabela 45 Coeficiente de transmissão térmica superficial de uma parede exterior

Parede Exterior			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m ² °C]	R [m ² °C/W]
Reboco interior	0,02	1,3	0,02
Isolamento PUR	0,03	0,042	0,71
Reboco exterior	0,02	1,3	0,02
Tijolo	0,11	-	0,27
Tijolo	0,15	-	0,39
Caixa de ar	0,02	-	0,18
R _{se} [m ² °C/W]			0,04
R _{si} [m ² °C/W]			0,13
R Total			1,76
U [W/m²°C]			0,57
Verificação			Cumpre

Tabela 46 Coeficiente de transmissão térmica superficial de um pavimento exterior

Pavimento em contacto com exterior			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m ² °C]	R [m ² °C/W]
Argamassa	0,04	1,30	0,03
Isolamento XPS	0,03	0,04	0,81
Betão Armado	0,20	2,00	0,10
R _{se} [m ² °C/W]			0,04
R _{si} [m ² °C/W]			0,17
R Total			1,15
U [W/m²°C]			0,87
Verificação			Cumpre

Tabela 47 Coeficiente de transmissão térmica superficial da cobertura

Cobertura			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m ² °C]	R [m ² °C/W]
Isolamento XPS	0,06	0,04	1,62
Betão Leve	0,06	0,33	0,18
Gesso	0,02	0,43	0,05
Laje aligeirada	-	-	0,23
		R _{se} [m ² °C/W]	0,04
		R _{si} [m ² °C/W]	0,10
		R Total	2,22
		U [W/m²°C]	0,45
		Verificação	Cumpre

Tabela 48 Coeficiente de transmissão térmica superficial da parede em contacto com edifício adjacente

Parede em contacto com Edifício Adjacente			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m ² °C]	R [m ² °C/W]
Reboco interior	0,02	1,30	0,02
Reboco exterior	0,02	1,30	0,02
Lã mineral	0,04	0,04	0,95
Tijolo vazado	0,15	-	0,39
Tijolo vazado	0,15	-	0,39
		R _{si} [m ² °C/W]	0,13
		R _{se} [m ² °C/W]	0,13
		R Total	2,02
		U [W/m²°C]	0,49
		Verificação	Cumpre

Tabela 49 Coeficiente de transmissão térmica superficial da parede em contacto com espaços não úteis

Parede em contacto com Garagem e Lavandaria			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m ² °C]	R [m ² °C/W]
Reboco interior	0,02	1,3	0,02
Isolamento XPS	0,03	0,037	0,81
Pladur	0,009	0,25	0,04
Tijolo	0,11	-	0,27
		R _{si} [m ² °C/W]	0,13
		R _{se} [m ² °C/W]	0,13
		R Total	1,39
		U [W/m²°C]	0,72
		Verificação (lavandaria)	Cumpre
		Verificação (garagem)	Cumpre

Tabela 50 Coeficiente de transmissão térmica superficial do pavimento em contacto com espaços não úteis

Pavimento em contacto com Garagem e Lavandaria			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² °C/W]
Argamassa	0,04	1,30	0,03
Isolamento XPS	0,03	0,04	0,81
Laje aligeirada	-	-	0,24
		R_{si} [m ² °C/W]	0,17
		R_{si} [m ² °C/W]	0,17
		R Total	1,42
		U [W/m²°C]	0,70
		Verificação (lavandaria)	Cumpre
		Verificação (garagem)	Cumpre

Tabela 51 Coeficiente de transmissão térmica superficial dos pilares em contacto com o exterior

Pilares exterior			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² °C/W]
Reboco interior	0,02	1,30	0,02
Reboco exterior	0,02	1,30	0,02
Betão Armado	0,25	2,00	0,13
Isolamento PUR	0,06	0,04	1,43
		R_{se} [m ² °C/W]	0,04
		R_{si} [m ² °C/W]	0,13
		R Total	1,75
		U [W/m²°C]	0,57
		Verificação	Cumpre

Tabela 52 Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com o exterior

Vigas exteriores			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² °C/W]
Reboco interior	0,02	1,30	0,02
Isolamento PUR	0,06	0,04	1,43
Reboco exterior	0,02	1,30	0,02
Betão Armado	0,25	2,00	0,13
		R_{se} [m ² °C/W]	0,04
		R_{si} [m ² °C/W]	0,13
		R Total	1,75
		U [W/m²°C]	0,57
		Verificação	Cumpre

Tabela 53 Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas de cobertura (horizontais)

Vigas na cobertura (horizontais)			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² C/W]
Isolamento XPS	0,06	0,04	1,62
Betão Leve	0,06	0,33	0,18
Betão Armado	0,26	2,00	0,13
Gesso	0,02	0,43	0,05
		R _{se} [m ² C/W]	0,04
		R _{si} [m ² C/W]	0,10
		R Total	2,12
		U [W/m²C]	0,47
		Verificação	Cumpre

Tabela 54 Coeficiente de transmissão térmica superficial dos pilares em contacto com espaços não úteis

Pilares em contacto com Garagem, Lavandaria e Edifício Adjacente			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² C/W]
Reboco interior	0,02	1,30	0,02
Reboco exterior	0,02	1,30	0,02
Betão Armado	0,25	2,00	0,13
Isolamento PUR	0,06	0,04	1,43
		R _{si} [m ² C/W]	0,13
		R _{se} [m ² C/W]	0,13
		R Total	1,84
		U [W/m²C]	0,54
		Verificação (garagem)	Cumpre
		Verificação (lavandaria)	Cumpre
		Verificação (ed. Adjacente)	Cumpre

Tabela 55 Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com espaços não úteis

Vigas em contacto com garagem e lavandaria			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² C/W]
Argamassa	0,04	1,30	0,03
Isolamento XPS	0,03	0,04	0,81
Betão Armado	0,28	2,00	0,14
		R _{si} [m ² C/W]	0,17
		R _{se} [m ² C/W]	0,17
		R Total	1,32
		U [W/m²C]	0,76
		Verificação (garagem)	Cumpre
		Verificação (lavandaria)	Cumpre

Tabela 56 Coeficiente de transmissão térmica superficial das vigas em contacto com edifício adjacente

Vigas em contacto com edifício adjacente			
Elemento	Espessura [m]	λ [W/m°C]	R [m ² C/W]
Reboco interior	0,02	1,30	0,02
Reboco exterior	0,02	1,30	0,02
Lã mineral	0,04	0,04	0,95
Betão Armado	0,30	2,00	0,15
		R _{si} [m ² C/W]	0,13
		R _{se} [m ² C/W]	0,13
		R Total	1,39
		U [W/m²C]	0,72
		Verificação	Cumpre

Anexo C.2 – Envolvente em contacto com o solo

Tabela 57 Coeficiente de transmissão térmica superficial dos elementos em contacto com o solo

Elemento	A [m ²]	Z [m ²]	P [m]	B' [m]	R _f	U [W/m ² C]
Parede enterrada	18,00	2,40	12,3	2,93	0,93	0,51
Pavimento enterrado	45,96	2,40	33,36	0,00	0,95	0,38
Pavimento térreo	9,29	0,00	9,27	0,00	0,95	0,58

Anexo C.3 – Envolvente envidraçada

Tabela 58 Coeficiente de transmissão térmica superficial dos vãos envidraçados

Vãos envidraçados		
Tipo	Localização	U [W/m ² C]
1	Cozinha e entrada	3,30
2	Sala do R/C, lavandaria, sala (cave) e quartos	2,80
3	Restantes (super isolantes)	1,96

Tabela 59 Requisitos mínimos de qualidade térmica dos vãos envidraçados

Orientação / Divisão	A _{env} (m ²)	A _{pav} (m ²)	A _{env} < OU > 15%A _{pav}	F ₀	F _f	F ₀ *F _f	g _T	F ₀ *F _f *g _T	g _{T max}	Cumpre?
1º Andar										
Sudeste - Quarto 1	7,88	23,96	>15%	1,00	1,00	0,90	0,36	0,32	0,26	Não Cumpre!
Sudeste - WC (Q 1)	1,09	5,43	>15%	1,00	0,93	0,90	0,61	0,55	0,42	Não Cumpre!
Sudoeste - Quarto 2	2,85	14,86	>15%	1,00	1,00	0,90	0,36	0,32	0,44	Cumpre!
Sudoeste - Quarto 3	3,43	15,15	>15%	1,00	1,00	0,90	0,36	0,32	0,37	Cumpre!
Sudoeste - Quarto 4	2,96	16,92	>15%	1,00	1,00	0,90	0,36	0,32	0,48	Cumpre!
Rés do chão										
Sudeste - Sala (1)	26,46	36,14	>15%	1,00	0,93	0,90	0,36	0,33	0,11	Não Cumpre!
Sudeste - Sala (2)	26,46	36,14	>15%	0,53	0,87	0,47	0,36	0,17	0,11	Não Cumpre!
Sudeste - Sala (3)	26,46	36,14	>15%	1,00	1,00	0,90	0,36	0,33	0,11	Não Cumpre!
Sudoeste - Hall	13,14	10,79	>15%	0,50	0,72	0,36	0,61	0,22	0,07	Não Cumpre!
Sudeste - Escritório	8,19	9,29	>15%	1,00	0,77	0,77	0,61	0,47	0,10	Não Cumpre!
Cave										
Sala (1)	12,67	32,73	>15%	0,75	0,82	0,62	0,36	0,22	0,22	Não Cumpre!
Sala (2)	12,67	32,73	>15%	1,00	0,86	0,86	0,36	0,31	0,22	Não Cumpre!
Correção										
Sudeste - Quarto 1	7,88	23,96	>15%	1,00	1,00	0,90	0,04	0,04	0,26	Cumpre!
Sudeste - WC (Q 1)	1,09	5,43	>15%	1,00	0,93	0,90	0,04	0,04	0,42	Cumpre!
Sudoeste - Sala (1)	26,46	36,14	>15%	1,00	0,93	0,90	0,04	0,04	0,11	Cumpre!
Sudeste - Sala (2)	26,46	36,14	>15%	0,53	0,87	0,47	0,04	0,02	0,11	Cumpre!
Sudeste - Sala (3)	26,46	36,14	>15%	1,00	1,00	0,90	0,04	0,04	0,11	Cumpre!
Sudoeste - Hall	13,14	10,79	>15%	0,50	0,72	0,36	0,04	0,01	0,07	Cumpre!
Sudeste - Escritório	8,19	9,29	>15%	1,00	0,77	0,77	0,04	0,03	0,10	Cumpre!
Sala (1)	12,67	32,73	>15%	0,75	0,82	0,62	0,04	0,02	0,22	Cumpre!
Sala (2)	12,67	32,73	>15%	1,00	0,86	0,86	0,04	0,03	0,22	Cumpre!

Nota: Correção feita com lona opaca exterior de cor clara

Anexo C.4 – Inércia térmica

Tabela 60 Inércia térmica do edifício

Elemento	M_t [Kg/m ²]	M_{si} [Kg/m ²]	S_i [m ²]	r	$M_{si}.S_i.r$	
EL1						
Paredes	186,00	150,00	94,93	1,00	14239,50	
Pavimentos Exteriores	608,00	150,00	18,11	1,00	2716,85	
Coberturas Exteriores	366,00	150,00	104,37	1,00	15655,95	
Parede ENU	6,75	6,75	30,12	1,00	203,34	
Pavimento ENU	372,00	150,00	38,34	1,00	5751,48	
Parede em contacto com Ed. Adjacentes	216,00	150,00	45,25	1,00	6787,08	
Pilares	>150	150,00	29,52	1,00	4428,30	
Vigas	>150	150,00	26,97	1,00	4044,87	
EL2						
Parede Enterrada	540,00	150,00	17,09	1,00	2563,20	
Pavimento Enterrado	300,00	150,00	47,09	1,00	7063,50	
Pavimento Térreo	300,00	150,00	9,29	1,00	1393,88	
Pilares	661,00	150,00	0,91	1,00	136,80	
EL3						
Paredes de compartimentação	280,00	280,00	131,61	1,00	36850,80	
Pavimentos de compartimentação	380,00	300,00	151,68	1,00	45504,93	
					147340,47	
					/	
A_p	Área útil de pavimento				237,12	[m ²]
					=	
I_t	Massa superficial útil por m ² de área de pavimento				621,38	[kg/m ²]
					Forte	

Anexo D. Renovação do ar interior

Neste anexo é apresentado o cálculo tanto para a taxa de renovação do ar interior na estação de aquecimento como para, a estação de arrefecimento, utilizando a folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC.

Anexo D.1 – Enquadramento do edifício

Tabela 61 Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação nova	Área útil (m ²):	237,1
Local (município)	PORTO	Pd (m):	2,53
Região	B	N.º de pisos da fração	3
Rugosidade	II	Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	0	Vento (u10REH: 3,94) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (N _{fach})	2 ou mais	Volume (m ³):	600
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	T _{exterior} (°C)	10,6
Altura do edifício (H _{edif}) em m	6	Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	6	A _{env} /A _u :	37%
		Proteção do edifício:	Desprotegido
		Zona da fachada:	Inferior

Anexo D.2 – Permeabilidade ao ar da envolvente

Tabela 62 Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m ²)	87,41
Classe de permeabilidade ao ar caixilharias (janelas/portas)	2
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem

Anexo D.3 – Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tabela 63 Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)	500

Anexo D.4 – Conduatas de ventilação natural, conduatas com exaustores/*ventax* que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Tabela 64 Conduatas de ventilação natural, conduatas com exaustores/*ventax* que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Conduatas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim
Escoamento de ar	Exaustão
Perda de carga	Alta
Altura da conduta (m)	3
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)
Número de conduatas semelhantes	2

Anexo D.5 – Taxas de renovação do ar interior

Tabela 65 Taxas de renovação do ar interior

R_{ph,i} (h⁻¹) - Aquecimento	0,61
R_{ph,v} (h⁻¹) - Arrefecimento	0,61

Anexo E. Necessidades nominais de aquecimento

Os anexos seguintes mostram o processo de cálculo para a determinação das necessidades nominais de aquecimento e das necessidades nominais de aquecimento de referência.

Anexo E.1 – Transferência de calor por transmissão ($H_{tr,i}$)

Tabela 66 Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior

Elementos opacos exteriores	Área (A) [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede em contacto com exterior	94,93	0,57	54,09
Pilares em contacto com exterior	20,33	0,57	11,59
Pavimento em contacto com exterior	18,11	0,87	15,73
Porta em contacto com exterior	4,66	1,75	8,16
Vigas em contacto com exterior	13,57	0,57	7,73
Vigas em contacto com exterior (cobertura)	7,10	0,47	3,35
Cobertura em contacto com o exterior	104,37	0,45	47,02
		(Total)	147,66 [W/°C]

Envidraçados exteriores	Área (Aw) [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Sala Cave (esquerdo)	8,96	2,80	25,10
Sala Cave (direito)	3,71	2,80	10,39
Sala R/C (esquerdo)	4,05	2,80	11,33
Sala R/C (meio)	9,75	2,80	27,30
Sala R/C (direito)	4,29	2,80	12,01
Sala R/C (pátio)	8,37	1,96	16,41
Hall	10,32	1,96	20,23
Escritório	8,19	1,96	16,05
Entrada	0,66	3,30	2,18
Cozinha	1,30	3,30	4,27
Quarto 1	7,88	2,80	22,05
Quarto 2	2,85	2,80	7,98
Quarto 3	3,43	2,80	9,61
Quarto 4	2,96	2,80	8,29
WC - Q1	1,09	1,96	2,14
WC	1,09	1,96	2,14
Hall (pátio)	8,52	1,96	16,70
		(Total)	214,17 [W/°C]

Pontes térmicas lineares		Comp. (B) [m]	ψ [W/m°C]	$\psi \cdot A$ [W/°C]
Fachada com pavimentos térreos		6,10	0,80	4,88
Fachada com pavimentos sobre exterior, isolamento sob pavimento		13,81	0,75	10,36
Fachada com pavimentos intermédios		69,32	0,50	34,66
Fachada com cobertura, isolamento sobre a laje		57,77	1,00	57,77
Duas Paredes Verticais de ângulo saliente		31,20	0,50	15,60
Fachada com Caixilharia, isolamento não contacta com a caixilharia		154,17	0,25	38,54
(Total)				161,81 [W/°C]
H_{ext}	Coeficiente de transferência da envolvente exterior			523,64 [W/°C]

Tabela 67 Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com edifício adjacente

Elementos opacos em contacto com edifício adjacente	btr	Área (A) [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede em contacto com ed. Adj.	0,60	45,25	0,49	13,42
Pilares em contacto com ed. Adj.	0,60	8,55	0,54	2,78
Vigas em contacto com ed. Adj.	0,60	4,10	0,72	1,76
(Total)				17,97 [W/°C]
H_{adj}	Coeficiente de transferência da envolvente em contacto com edifício adjacente			17,97 [W/°C]

Tabela 68 Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com o solo

Elementos em contacto com o solo	Área (A) [m ²]	$U_{bw, bf, b}$ [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede enterrada	29,52	0,51	15,06
Pavimento enterrado	47,09	0,38	17,89
Pavimento térreo (Escritório)	9,29	0,58	5,39
Pilar enterrado	0,91	0,51	0,47
(Total)			38,80 [W/°C]
H_{ecs}	Coeficiente de transferência da envolvente em contacto com solo		38,80 [W/°C]

Tabela 69 Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto espaços não úteis

Elementos opacos em contacto com espaços não úteis	btr	Área (A) [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede em contacto com lavandaria	0,50	11,14	0,72	4,00
Porta de acesso a lavandaria	0,50	1,62	2,00	1,62
Pavimento sobre lavandaria	0,50	7,35	0,70	2,58
Viga em contacto com lavandaria	0,50	0,24	0,76	0,09
Parede em contacto com garagem	0,80	18,98	0,72	10,91
Porta de acesso a garagem	0,80	1,62	1,75	2,27
Pavimento sobre garagem	0,80	31,00	0,70	17,44
Pilar em contacto com garagem	0,80	0,64	0,54	0,28
Viga em contacto com garagem	0,80	1,96	0,76	1,18
(Total)				40,38 [W/°C]

Pontes térmicas lineares	btr	Comp. (B) [m]	ψ [W/m°C]	ψ.A [W/°C]
Parede da garagem em contacto com pavimentos térreos	0,80	8,61	0,80	5,51
Parede da garagem em contacto com pavimentos intermédios	0,80	8,61	0,50	3,44
Duas paredes de ângulo saliente	0,80	2,40	0,50	0,96
(Total)				9,91

H_{enu}	Coeficiente de transferência da envolvente em contacto com espaços não úteis	50,30 [W/°C]
------------------------	--	---------------------

Tabela 70 Coeficiente de transferência de calor por transmissão global na estação de aquecimento

Inverno		
H_{ext}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com exterior	523,64 [W/°C]
		+
H_{adj}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente com edificio adjacente	17,97 [W/°C]
		+
H_{ecs}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com solo	38,80 [W/°C]
		+
H_{enu}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com espaços não úteis	50,30 [W/°C]
		=
H_{tr,i}	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	630,71 [W/°C]

Tabela 71 Coeficiente de transferência de calor por transmissão global de referência na estação de aquecimento

Elementos opacos exteriores		Área (A) [m ²]	U/ψ ref [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede + pilares + vigas em contacto com exterior		173,48	0,50	86,74
Pavimento + cobertura + viga de cobertura		129,59	0,40	51,84
Envidraçados exteriores		47,42	2,90	137,53
Pontes térmicas:				
Fachada com pavimento térreo, fachada com pavimento sobre exterior, fachada com cobertura, fachada com pavimento de nível intermédio		147,00	0,50	73,50
Duas paredes verticais		31,20	0,40	12,48
Fachada com caixilharia		154,17	0,20	30,83

Elementos em contacto com o solo		Área (A) [m ²]	U ref [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede enterrada + pavimento térreo + pilar + pavimento enterrado		86,81	0,50	43,41

Elementos em contacto com edifício adjacente	btr	Área (A) [m ²]	U ref [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede + pilar + viga	0,6	57,90	1,00	34,74

Elementos em contacto com ENU	btr	Área (A) [m ²]	U/ψ ref [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Parede + porta + pilar Garagem	0,8	21,24	0,50	8,50
Pavimento + viga Garagem	0,8	32,95	0,40	10,54
Parede + porta Lavandaria	0,5	12,77	1,00	6,38
Pavimento + viga Lavandaria	0,5	7,59	0,80	3,04
Pontes térmicas:				
Fachada com pavimento térreo, fachada com pavimento de nível intermédio	0,8	17,22	0,50	6,89
Duas paredes verticais	0,8	2,40	0,40	0,77

H_{tr,i ref}	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	507,18 [W/°C]
-----------------------------	---	----------------------

Anexo E.2 – Transferência de calor por ventilação ($H_{ve,i}$)

Tabela 72 Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

		0,34	
		x	
$R_{ph,i}$	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento	0,61	[h ⁻¹]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
P_d	Pé direito médio da fracção	2,53	[m]
		=	
$H_{ve,i}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação	124,58	[W/°C]

Tabela 73 Coeficiente de transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento

		0,34	
		x	
$R_{ph,i - ref}$	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento	0,60	[h ⁻¹]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
P_d	Pé direito médio da fracção	2,53	[m]
		=	
$H_{ve,i - ref}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação	122,54	[W/°C]

Anexo E.3 – Ganhos térmicos ($Q_{g,i}$)

Tabela 74 Ganhos térmicos internos brutos na estação de aquecimento

Ganhos internos na estação de aquecimento			
		0,72	
		x	
q_{int}	Ganhos internos médios	4	[W/m ²]
		x	
M	Duração da estação de aquecimento	6,01	[meses]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
Q_{int,i}	Ganhos internos brutos	4105,65	[kWh/ano]

Tabela 75 Ganhos solares brutos na estação de aquecimento

Designação envidraçado	Orientação	Fator solar, gi	Área, Aw [m ²]	Fator de obstrução, Fs,i	Fração envidraçada, Fg	Área Coletora, As,i	Fator de orientação, Xj	Área efetiva coletora a sul [m ²]	
Sala Cave (1)	SE	0,70	8,96	0,58	0,70	4,40	0,84	2,14	
Sala Cave (2)	SE	0,70	3,71	0,63	0,70	1,82	0,84	0,97	
Sala R/C D	SE	0,70	4,29	0,75	0,70	2,11	0,84	1,32	
Sala R/C M	SE	0,70	9,75	0,51	0,70	4,79	0,84	2,03	
Sala R/C E	SE	0,70	4,05	0,85	0,70	1,99	0,84	1,42	
Sala R/C P	NW	0,55	8,37	0,83	0,70	3,22	0,33	0,88	
Hall	SW	0,55	10,32	0,17	0,70	3,97	0,33	1,07	
Escritório	SE	0,55	8,19	0,72	0,70	3,15	0,84	1,91	
Entrada	NW	0,70	0,66	0,62	0,70	0,32	0,33	0,09	
Cozinha	NW	0,70	1,30	0,66	0,70	0,64	0,33	0,17	
Quarto 1	SE	0,70	7,88	0,43	0,70	3,87	0,84	1,40	
Quarto 2	SW	0,70	2,85	0,43	0,70	1,40	0,84	0,51	
Quarto 3	SW	0,70	3,43	0,43	0,70	1,69	0,84	0,61	
Quarto 4 (1)	NW	0,70	1,96	0,72	0,70	0,96	0,33	0,26	
Quarto 4 (2)	SW	0,70	1,00	0,43	0,70	0,49	0,84	0,18	
WC	NW	0,55	1,09	0,64	0,70	0,42	0,33	0,11	
WC - Q1	SE	0,55	1,09	0,38	0,70	0,42	0,84	0,13	
Pátio	NE	0,55	8,52	0,67	0,70	3,27	0,33	0,88	
X.A_{s,i}	Área efetiva total equivalente na orientação a sul							16,09	[m ²]
								x	
G_{sul}	Radiação média incidente num envidraçado vertical a sul							130	[kWh/m ² .mês]
								x	
M	Duração da estação de aquecimento							6,01	[meses]
								=	
Q_{sol,i}	Ganhos solares brutos							12575,77	[kWh/ano]

Tabela 76 Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento

$Q_{sol,i}$	Ganhos solares brutos	12575,77	[kWh/ano]
		+	
$Q_{int,i}$	Ganhos internos brutos	4105,65	[kWh/ano]
		=	
$Q_{g,i}$	Ganhos térmicos brutos	16681,42	[kWh/ano]

Tabela 77 Ganhos térmicos brutos de referência na estação de aquecimento

$Q_{sol,i\ ref}$	Ganhos solares brutos de referência	1122,03	[kWh/ano]
		+	
$Q_{int,i\ ref}$	Ganhos internos brutos de referência	4105,65	[kWh/ano]
		=	
$Q_{g,i\ ref}$	Ganhos térmicos brutos de referência	5227,68	[kWh/ano]

Anexo E.4 – Necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) vs necessidades nominais de aquecimento de referência (N_i)

Tabela 78 Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento

		0,024	
		x	
GD	Número de graus-dia de aquecimento	1099,70	[°C.dias]
		x	
$H_{tr,i}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	630,71	[W/°C]
		=	
$Q_{tr,i}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	16784,7	[kWh/ano]

Tabela 79 Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

		0,024	
		x	
GD	Número de graus-dia de aquecimento	1099,70	[°C.dias]
		x	
H_{ve,i}	Coefficiente de transferência de calor por transmissão	124,58	[W/°C]
		=	
Q_{ve,i}	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquec.	3288,11	[kWh/ano]

Tabela 80 Fator de utilização dos ganhos e ganhos térmicos totais úteis na estação de aquecimento

Fator de utilização dos ganhos			
I_t	Inércia térmica	Forte	
Q_{g,i}	Ganhos térmicos brutos	16681,42	[kWh/ano]
		/	
Q_{tr,i}+Q_{ve,i}	Perdas térmicas	19934,26	[kWh/ano]
		=	
y_i	Razão entre ganhos e perdas	0,84	
a_i	Parâmetro a _i	4,2	
n_i	Fator de utilização dos ganhos	0,87	
Ganhos úteis totais			
n_i	Fator de utilização dos ganhos	0,87	
		x	
Q_{g,i}	Ganhos térmicos brutos	16681,42	[kWh/ano]
		=	
Q_{gu,i}	Ganhos térmicos totais úteis	14548,80	[kWh/ano]

Tabela 81 Necessidades nominais anuais, de energia útil para aquecimento

Q_{tr,i}	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	16646,15	[kWh/ano]
		+	
Q_{ve,i}	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento	3288,11	[kWh/ano]
		=	

$Q_{gu,i}$	Ganhos térmicos totais úteis	14585,24	[kWh/ano]
	Necessidades anuais na estação de aquecimento	5385,47	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
	Necessidades nominais anuais de energia útil, para aquecimento	23,71	[kWh/m ² .ano]

Tabela 82 Coeficiente de transferência de calor de referência na estação de aquecimento

$H_{tr,i ref}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão de referência	507,18	[W/°C]
		+	
$H_{ve,i ref}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar de referência	122,54	[W/°C]
		=	
$H_{t,i ref}$	Coeficiente de transferência de calor de referência	629,72	[W/°C]

Tabela 83 Transferência de calor de por transmissão de referência na estação de aquecimento

		0,024	
		x	
GD	Número de graus-dia de aquecimento	1099,70	[°C.dias]
		x	
$H_{tr,i ref}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão de referência	507,18	[W/°C]
		=	
$Q_{tr,i ref}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento de referência	13385,85	[kWh/ano]

Tabela 84 Transferência de calor de por ventilação de referência na estação de aquecimento

		0,024	
		x	
GD	Número de graus-dia de aquecimento	1099,70	[°C.dias]
		x	
$H_{ve,i ref}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar de referência	122,54	[W/°C]
		=	
$Q_{ve,i ref}$	Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento de referência	3234,21	[kWh/ano]

Tabela 85 Ganhos térmicos totais úteis de referência na estação de aquecimento

$n_{i\ ref}$	Fator de utilização dos ganhos de referência	0,60	
		x	
$Q_{g,i}$	Ganhos térmicos brutos de referência	5227,68	[kWh/ano]
		=	
$Q_{gu,i\ ref}$	Ganhos totais úteis de referência	3136,61	[kWh/ano]

Tabela 86 Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento

$Q_{tr,i\ ref}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento de referência	13385,85	[kWh/ano]
		+	
$Q_{ve,i\ ref}$	Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento de referência	3234,21	[kWh/ano]
		-	
$Q_{gu,i\ ref}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar de referência	3136,61	[kWh/ano]
		=	
	Necessidades anuais na estação de aquecimento de referência	13483,45	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
N_i	Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento	56,86	[kWh/m ² .ano]

Tabela 87 Verificação dos requisitos na estação de aquecimento

N_{ic}	Necessidades nominais anuais, de energia útil para aquecimento	22,71	[kWh/m ² .ano]
		≤	
N_i	Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento	56,86	[kWh/m ² .ano]
		Verifica!	

Anexo F. Necessidades nominais de arrefecimento

Os anexos seguintes mostram o processo de cálculo para a determinação das necessidades nominais de arrefecimento e, das necessidades nominais de arrefecimento de referência.

Anexo F.1 – Coeficiente de transferência de calor por transmissão ($H_{tr,v}$)

Tabela 88 Coeficiente de transferência de calor de por transmissão na estação de arrefecimento

Verão		
H_{ext}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com exterior	523,64 [W/°C]
		+
H_{ecs}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com solo	38,80 [W/°C]
		+
H_{enu}	Coeficiente de transferência de calor da envolvente em contacto com espaços não úteis	50,30 [W/°C]
		=
$H_{tr,v}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	612,74 [W/°C]

Anexo F.2 – Coeficiente de transferência de calor por ventilação ($H_{ve,v}$)

Tabela 89 Coeficiente de transferência de calor de por ventilação na estação de aquecimento

		0,34	
		x	
$R_{ph,i}$	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento	0,61 [h ⁻¹]	
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12 [m ²]	
		x	
P_d	Pé direito médio da fracção	2,53 [m]	
		=	
$H_{ve,v}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação	124,58 [W/°C]	

Anexo F.3 – Ganhos térmicos ($Q_{g,v}$)

Tabela 90 Ganhos solares pela envolvente envidraçada na estação de arrefecimento

Designação	Orientação	Área [m ²]	Fração envidraçada, Fg	F. Sel. Ang. Fw,v	F. Temp. Prot. Mov. Fm,v	FS global prot. Mov e perm. gt	FS Global Prot. Perm. Gtp	FS de Verão, gv	A efet. As,v	Fator obst. Fs,v	Radiação, Isol	Isol. Fs,v. As
Sala Cave (1)	SE	8,96	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	1,28	0,62	490	389,80
Sala Cave (2)	SE	3,71	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,53	0,86	490	224,60
Sala R/C D	SE	4,29	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,61	0,90	490	270,84
Sala R/C M	SE	9,75	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	1,40	0,47	490	318,72
Sala R/C E	SE	4,05	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,58	0,90	490	255,48
Sala R/C P	NW	8,37	0,60	0,90	0,00	0,00	0,55	0,55	2,76	0,90	350	868,69
Hall	SW	10,32	0,60	0,90	0,70	0,04	0,55	0,19	1,19	0,36	490	209,94
Escritório	SE	8,19	0,60	0,90	0,70	0,04	0,55	0,19	0,95	0,77	490	357,28
Entrada	NW	0,66	0,60	0,90	0,00	0,00	0,70	0,70	0,28	0,90	350	87,51
Cozinha	NW	1,30	0,60	0,90	0,00	0,00	0,70	0,70	0,55	0,90	350	171,82
Quarto 1	SE	7,88	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	1,13	0,90	490	497,18
Quarto 2	SW	2,85	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,41	0,90	490	179,93
Quarto 3	SW	3,43	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,49	0,90	490	216,71
Quarto 4 (1)	NW	1,96	0,60	0,90	0,40	0,04	0,70	0,44	0,51	0,90	350	161,96
Quarto 4 (2)	SW	1,00	0,60	0,90	0,70	0,04	0,70	0,24	0,14	0,90	490	63,13
WC	NW	1,09	0,60	0,90	0,00	0,00	0,55	0,55	0,36	0,69	350	86,67
WC - Q1	SE	1,09	0,60	0,90	0,70	0,04	0,55	0,19	0,13	0,90	490	55,55
Pátio	NE	8,52	0,60	0,90	0,00	0,00	0,55	0,55	2,81	0,78	350	766,17
												5181,97 [kWh/ano]

Tabela 91 Ganhos solares pela envolvente opaca na estação de arrefecimento

Designação	Orientação	Coefficiente absorção, a	A _{op} [m ²]	U [W/m ² °C]	R _{se} [(m ² °C)/W]	A efet. As,v	Fator obst. Fs,v	Radiação, Isol	Isol. Fs,v. As
Paredes + vigas + pilares	SE	0,40	20,77	0,57	0,04	0,19	1,00	490	92,79
Porta entrada	SW	0,40	4,66	3,50	0,04	0,26	1,00	490	127,87
Paredes + vigas + pilares	SW	0,40	54,34	0,57	0,04	0,50	1,00	490	242,73
Paredes + vigas + pilares	NW	0,40	38,47	0,57	0,04	0,35	1,00	350	122,75
Paredes + vigas + pilares	NE	0,40	12,46	0,57	0,04	0,11	1,00	350	39,76
Cobertura	Horizontal	0,40	104,37	0,45	0,04	0,75	1,00	800	601,80
Vigas de cobertura	Horizontal	0,40	7,10	0,47	0,04	0,05	1,00	800	42,89
									1270,60 [kWh/ano]

Tabela 92 Ganhos solares brutos na estação de arrefecimento

	Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	5181,97	[kWh/ano]
		+	
	Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	1270,60	[kWh/ano]
		=	
Q_{sol,v}	Ganhos solares brutos	6452,56	[kWh/ano]

Tabela 93 Ganhos internos brutos na estação de arrefecimento

q_{int}	Ganhos internos médios	4,00	[W/m ²]
		x	
		2,928	
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
$Q_{int,v}$	Ganhos internos brutos	2777,11	[kWh/ano]

Tabela 94 Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

$Q_{sol,v}$	Ganhos solares brutos	6452,56	[kWh/ano]
		+	
$Q_{int,v}$	Ganhos internos brutos	2777,11	[kWh/ano]
		=	
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos	9229,67	[kWh/ano]

Tabela 95 Ganhos térmicos brutos de referência na estação de arrefecimento

q_{int}	Ganhos internos médios	4,00	[W/m ²]
		x	
		2,928	
		+	
$g_{v,ref}$	Fator solar de verão de referência	0,43	
		x	
$A_w/A_{p,ref}$	Razão entre área de envidraçados e área de pavimento	20%	
		x	
$I_{sol,ref}$	Radiação solar média de referência	490	[kWh/m ² .ano]
		=	
		53,85	
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
$Q_{v,ref}$	Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento	12769,19	[kWh/ano]

Anexo F.4 – Necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc}) vs necessidades nominais de arrefecimento de referência (N_v)

Tabela 96 Coeficiente de transferência de calor na estação de arrefecimento

$H_{tr,v}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	612,74	[W/°C]
		+	
$H_{ve,v}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar	124,58	[W/°C]
		=	
$H_{t,v}$	Coeficiente de transferência de calor	737,33	[W/°C]

Tabela 97 Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento

$H_{tr,v}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão	612,74	[W/°C]
		x	
$\theta_{v,ref}$ $\theta_{v,ext}$	Diferença de temperatura exterior com a de referência	4,10	[°C]
		x	
		2,928	
		=	
$Q_{tr,v}$	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento	7355,88	[kWh/ano]

Tabela 98 Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento

$H_{ve,v}$	Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar	124,58	[W/°C]
		x	
$\theta_{v,ref}$ $\theta_{v,ext}$	Diferença de temperatura exterior com a de referência	4,10	[°C]
		x	
		2,928	
		=	
$Q_{ve,v}$	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento	1495,61	[kWh/ano]

Tabela 99 Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento

I_t	Inércia térmica	Forte	
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos	9229,67	[kWh/ano]
		/	
$Q_{tr,v}+Q_{ve,v}$	Perdas térmicas	8851,48	[kWh/ano]
		=	
y_i	Razão entre ganhos e perdas	1,04	
a_i	Parâmetro a_i	4,2	
n_v	Fator de utilização dos ganhos	0,79	

Tabela 100 Necessidades nominais anuais, de energia útil para arrefecimento

	$(1-n_v)$	0,21	
		x	
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos	9229,67	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
N_{vc}	Necessidades anuais de energia útil na estação de arrefecimento	8,16	[kWh/m ² .ano]

Tabela 101 Fator de utilização dos ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento

$n_{v,ref}$	Fator de utilização dos ganhos de referência	0,83
-------------	--	------

Tabela 102 Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para arrefecimento

	$(1-n_{v,ref})$	0,17	
		x	
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos	12769,19	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]

N_v	Necessidades anuais de energia útil de referência, na estação de arrefecimento	=	[kWh/m ² .ano]
		9,13	

Tabela 103 Verificação dos requisitos na estação de arrefecimento

N_{vc}	Necessidades anuais de energia útil, na estação de arrefecimento	8,16	[kWh/m ² .ano]
		≤	
N_v	Necessidades anuais de energia útil de referência, na estação de arrefecimento	9,13	[kWh/m ² .ano]
		Verifica!	

Anexo G. Energia para preparação de AQS

O presente anexo tem como objetivo, demonstrar o procedimento de cálculo para as necessidades nominais de energia para a preparação de águas quentes sanitárias.

Tabela 104 Necessidades anuais nominais de energia, para preparação de AQS

		40	[L]
		x	
n	Número convencional de ocupantes	5	[pessoas]
		x	
f_{eh}	Fator de eficiência hídrica	100%	[%]
		=	
M_{AQS}	Consumo médio diário	200	[L]
		x	
		4187	
		x	
ΔT	Aumento de temperatura necessário para preparação de AQS	35,00	[°C]
		x	
nd	Número anual de dias de consumo de AQS	365	[dias]
		/	
		3600000	
		=	
Qa	Necessidades anuais de energia, para a preparação de AQS	2971,61	[kWh/ano]

Anexo H. Necessidades nominais de energia primária

Neste anexo são apresentados os cálculos para a determinação das necessidades nominais de energia primária, das necessidades nominais de energia primária de referência e o rácio de eficiência energética para a obtenção da classe energética do edifício.

Anexo H.1 – Necessidades nominais de energia primária

Tabela 105 Necessidades nominais anuais de energia primária

Aquecimento (Sistema por defeito)			
	Fonte	Eletricidade	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil, para aquecimento	22,71	[kWh/m ² .ano]
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de aquecimento	100%	[%]
η_k	Eficiência do sistema de aquecimento	1,00	
Arrefecimento (Sistema por defeito)			
	Fonte	Eletricidade	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil, para arrefecimento	8,16	[kWh/m ² .ano]
$f_{v,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de arrefecimento	100%	[%]
δ		1,00	
η_k	Eficiência do sistema de arrefecimento	2,80	
Produção de AQS (Sistema por defeito)			
	Fonte	Gás	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]

Q_a/A_p	Necessidades de energia útil, para AQS por m ²	12,53	[kWh/m ² .ano]
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de AQS	100%	[%]
η_k	Eficiência do sistema de aquecimento	0,86	
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária	78,64	[kWh _{EP} /m ² .ano]

Anexo H.2 – Necessidades nominais de energia primária de referência

Tabela 106 Necessidades nominais anuais máximas de energia primária

Aquecimento (Sistema por defeito)			
	Fonte	Eletricidade	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
N_i	Necessidades nominais anuais de energia útil, para aquecimento de referência	56,86	[kWh/m ² .ano]
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de aquecimento	100%	[%]
$\eta_{ref,k}$	Eficiência do sistema de aquecimento	1,00	
Arrefecimento (Sistema por defeito)			
	Fonte	Eletricidade	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
N_v	Necessidades nominais anuais de energia útil, para arrefecimento de referência	9,13	[kWh/m ² .ano]
$f_{v,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de arrefecimento	100%	[%]
δ		1,00	
$\eta_{ref,k}$	Eficiência do sistema de arrefecimento	2,80	
Produção de AQS (Sistema por defeito)			

	Fonte	Gás	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
Q_a/A_p	Necessidades de energia útil, para AQS por m ²	12,53	[kWh/m ² .ano]
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de aquecimento	100%	[%]
$\eta_{ref,k}$	Eficiência do sistema de aquecimento	0,86	
N_t	Necessidades nominais de energia primária de referência	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]

Anexo H.3 – Rácio de eficiência energética

Tabela 107 Determinação da classe de eficiência energética do edifício

N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária	78,64	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		/	
N_t	Necessidades nominais de energia primária de referência	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		=	
R_{tc}	Rácio de classe energética	0,48	
	Classe Energética	A	

Anexo I. Sistema solar térmico

Os anexos seguintes apresentam os relatórios gerados pelos *software* “SolTerm”, tanto para os sistemas que utilizam o coletor solar padrão, bem como para os sistemas que utilizam os coletores da marca “Solius”. Os cálculos necessários para a obtenção das novas classes de eficiência energética também são apresentados.

Anexo I.1 – Relatório do sistema solar térmico termossifão com coletor padrão

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de coletores

Modelo de coletor: REH - REG Padrão

5 módulos (3,3 m²)

Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 4,120 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento ótico: 73,0%

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 46,6 l/m² por hora (=0,04 l/s)

Depósito

Modelo: 300 L - Horizontal

Volume: 300 l

Área externa: 3,60 m²

Material: médio condutor de calor

Posição deitada

Defletores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 2,74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 5,0 m
Percurso no exterior: 5,0 m com proteção mecânica
Diâmetro interno: 19,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm
Espessura do isolamento: 20,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto
Coordenadas nominais: 41,2°N, 8,6°W
Obstruções do horizonte: 3°
Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
Janeiro	51	81	,	104	278
Fevereiro	69	100	,	120	250
Março	105	129	,	148	270
Abril	144	156	,	173	256
Maio	173	169	,	177	256
Junho	185	174	,	177	238
Julho	205	197	,	202	239
Agosto	183	191	,	204	239
Setembro	129	153	,	173	236
Outubro	95	130	,	160	254
Novembro	60	96	,	117	261
Dezembro	48	83	,	107	278
Anual	1447	1659	,	1862	3054

Fração solar: 61,0%
Rendimento global anual do sistema: 35%
Produtividade: 573 kWh/[m² coletor]

Anexo I.2 – Relatório do sistema solar térmico de circulação forçada com coletor padrão

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de coletores

Modelo de coletor: REH - REG Padrão

5 módulos (3,3 m²)
Inclinação 35° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a1= 4,120 W/m²/K a2= 0,014
W/m²/K²

Rendimento ótico: 73,0%

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 46,6 l/m² por hora (=0,04 l/s)

Depósito

Modelo: típico 300 l

Volume: 300 l

Área externa: 3,60 m²

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Defletores interiores

Coeficiente de perdas térmicas: 2,74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 22,0 m

Percurso no exterior: 4,0 m com proteção mecânica

Diâmetro interno: 19,0 mm

Espessura do tubo metálico: 1,5 mm

Espessura do isolamento: 20,0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto

Coordenadas nominais: 41,2°N, 8,6°W

Obstruções do horizonte: 3°

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balço energético mensal e anual

Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga
kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh

Janeiro	51	81	,	105	278
Fevereiro	69	100	,	121	250
Março	105	129	,	149	270
Abril	144	156	,	175	256
Maio	173	169	,	179	256
Junho	185	174	,	178	238
Julho	205	197	,	205	239
Agosto	183	191	,	205	239
Setembro	129	153	,	175	236
Outubro	95	130	,	162	254
Novembro	60	96	,	118	261
Dezembro	48	83	,	108	278

Anual	1447	1659	,	1881	3054

Fração solar: 61,6%

Rendimento global anual do sistema: 35%

Produtividade: 579 kWh/[m² coletor]

Anexo I.3 – Relatório do sistema solar térmico termossifão com coletor da Solius

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Kit

Modelo: Solius Ecockit2 Plus-300

Área do coletor: 3,54 m²

Volume do depósito: 300 l

Características I/O de ensaio (modelo linear):

a₀=2,1 J a_H=1,4 /m² a_T=0,7 J/K

Coefficiente de perdas térmicas do depósito no ensaio: 2,76 W/K

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

Inclinação do sistema: 35°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: 3°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
Janeiro	51	81	,	97	278
Fevereiro	69	100	,	121	250
Março	105	129	1,	159	270
Abril	144	156	2,	192	256
Maio	173	169	6,	207	256
Junho	185	174	11,	208	238
Julho	205	197	17,	222	239
Agosto	184	191	14,	223	239
Setembro	129	153	6,	197	236
Outubro	95	130	1,	175	254
Novembro	60	95	,	121	261
Dezembro	49	83	,	101	278
Anual	1449	1657	57,	2023	3054

Fração solar: 66,2%

Rendimento global anual do sistema: 34%

Produtividade: 571 kWh/[m² coletor]

Anexo I.4 – Relatório do sistema solar térmico de circulação forçada com coletor da Solius

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de coletores

Modelo de coletor: Solius SilverSol2

2 módulos (3,8 m²)

Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,556 W/m²/K a2= 0,017 W/m²/K²

Rendimento ótico: 74,5%

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 42,6 l/m² por hora (=0,05 l/s)

Depósito

Modelo: típico 300 l

Volume: 300 l
Área externa: 3,60 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical
Defletores interiores
Coefficiente de perdas térmicas: 2,74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 22,0 m
Percurso no exterior: 4,0 m com proteção mecânica
Diâmetro interno: 19,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm
Espessura do isolamento: 20,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto
Coordenadas nominais: 41,2°N, 8,6°W
Obstruções do horizonte: 3°
Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
Janeiro	51	81	,	121	278
Fevereiro	69	100	,	141	250
Março	105	129	,	171	270
Abril	144	156	,	197	256
Maio	173	169	,	200	256
Junho	185	174	,	198	238
Julho	205	197	,	220	239
Agosto	183	191	,	221	239
Setembro	129	153	,	195	236
Outubro	95	130	,	185	254
Novembro	60	96	,	137	261
Dezembro	48	83	,	126	278
Anual	1447	1659	,	2111	3054

Fracção solar: 69,1%
Rendimento global anual do sistema: 33%
Produtividade: 553 kWh/[m² coletor]

Anexo I.5 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico termossifão com colector da Solius

Tabela 108 Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico termossifão

Contribuição do sistema			
E_{ren}	Contribuição do sistema de coletores solares térmicos	2023,00	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (Sem AQS e E_{ren})	64,06	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
Q_a/A_p^*	Necessidades de AQS supridas pelo sistema solar térmico	8,53	[kWh/m ² .ano]
		x	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de AQS	100%	[%]
		/	
η_k	Eficiência do sistema de coletores	1,00	
		+	
Q_a/A_p^*	Necessidades de AQS em falta	4,00	[kWh/m ² .ano]
		x	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de AQS	100%	[%]
		/	
η_k	Eficiência da caldeira a gás	0,86	
		-	
E_{ren}	Contribuição do sistema de coletores solares térmicos	2023,00	[kWh/ano]
		x	
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
N_{tc}^*	Necessidades nominais de energia primária com sistema solar térmico	68,72	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,42	
	Classe Energética	A	

Anexo I.6 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico de circulação forçada com coletor da Solius

Tabela 109 Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar térmico de circulação forçada

Contribuição do sistema			
E_{ren}	Contribuição do sistema de coletores solares térmicos	2111,00	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (sem AQS e E_{ren})	64,06	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
Q_a/A_p *	Necessidades de AQS supridas pelo sistema solar térmico	8,90	[kWh/m ² .ano]
		x	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de AQS	100%	[%]
		/	
η_k	Eficiência do sistema de coletores	1,00	
		+	
Q_a/A_p **	Necessidades de AQS em falta	3,63	[kWh/m ² .ano]
		x	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades supridas pelo sistema de AQS	100%	[%]
		/	
η_k	Eficiência da caldeira a gás	0,86	
		-	
E_{ren}	Contribuição do sistema de coletores solares térmicos	2111,00	[kWh/ano]
		x	
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		=	
N_{tc} *	Necessidades nominais de energia primária com sistema solar térmico	68,28	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc} *	Rácio de classe energética	0,41	
	Classe Energética	A	

Anexo J. Sistema solar fotovoltaico

O presente anexo tem como função apresentar a ficha técnica do módulo fotovoltaico e a determinação da nova classe de eficiência energética com a implementação deste sistema.

Anexo J.1 – Ficha técnica do módulo fotovoltaico *Kioto Solar 250 Wp*

EXCELENTE RELAÇÃO QUALIDADE PREÇO

otimiza o investimento em cada projeto onde são aplicados.

COMPONENTES SELECIONADOS

São usados na sua construção apenas componentes selecionados sendo todos os testes efetuados segundo os mais recentes procedimentos de ensaio cumprindo todas as normas ISO e IEC.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA E DURADOURA

PESO REDUZIDO

com acabamento em alumínio

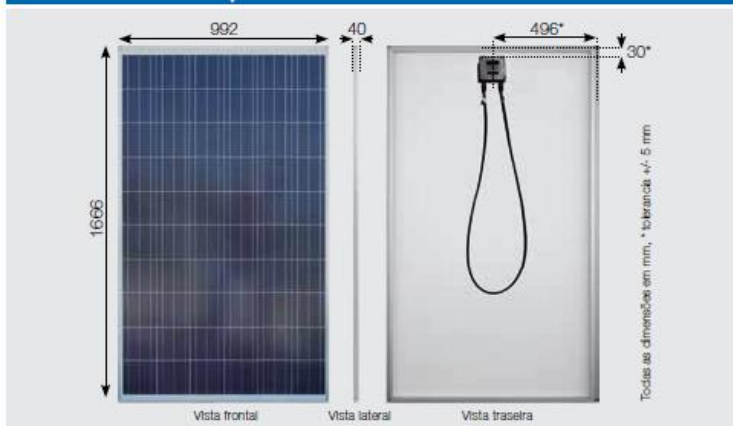


Módulo	250 Wp		
DADOS TÉCNICOS	Rendimento	(%)	15,2
	Tensão em vazio (Voc)	(V)	37,84
	Corrente curto circuito (Isc)	(A)	8,85
	Tensão nominal (Vmp)	(V)	30,56
	Corrente nominal (Imp)	(A)	8,21
	Potência nominal	(Wp)	250
	Coefficiente de temperatura P	(%/K)	-0,405
	Coefficiente de temperatura Isc	(mA/K)	+4,1
	Coefficiente de temperatura Voc	(mV/K)	-114
	Diodos de bypass (por caixa de ligações)		3
	Tensão máxima do sistema	(V)	1000
	Diferencial da potência nominal		± 2
	Alcance de temperatura ambiente	(°C)	-40 até 85
DIMENSÕES	Altura	(mm)	1666
	Largura	(mm)	992
	Profundidade	(mm)	40
	Peso	(kg)	19,50
	Teste de granizo - granizo com 25mm	(km/h)	165,6
	Teste de granizo - granizo com 55mm	(km/h)	120,6



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic Inspection

Dimensões Kioto Solar 250 Wp



Perfil moderno e funcional

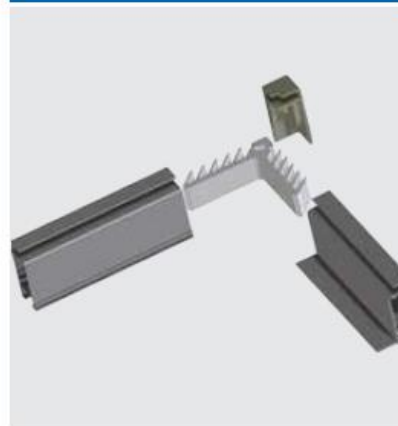


Figura 34 Características técnicas do módulo fotovoltaico *Kioto Solar 250 Wp*

Anexo J.2 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar fotovoltaico com módulos da Solius


Tabela 110 Classe de eficiência energética do edifício com sistema solar fotovoltaico

Contribuição do sistema		
E_{ren}	Contribuição do sistema solar fotovoltaico	1878,00 [kWh/ano]
Determinação da nova classe energética		
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária	78,64 [kWh _{EP} /m ² .ano]
		-
E_{ren}	Contribuição do sistema solar fotovoltaico com função de produção de energia eléctrica	1878,00 [kWh/ano]
		/
A_p	Área útil de pavimento	237,12 [m ²]
		x
$F_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	2,50 [kWh _{EP} /kWh]
		=
N_{tc}^*	Necessidades nominais anuais de energia primária com sistema solar fotovoltaico	58,84 [kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais anuais de energia primária máximas	164,89 [kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,36
	Classe Energética	A

Anexo K. Sistema eólico

O atual anexo tem o objectivo de apresentar as características técnicas do aerogerador e os cálculos intermédios inerentes à determinação da nova classe de eficiência energética do edifício.

Anexo K.1 – Ficha técnica do aerogerador T12/1000

Marca/Modelo	Referência
 EFFSUN 1000W 24V	T12/1000
Potência nominal (W)	1000
Tensão nominal do aerogerador	AC
Velocidade do vento nominal (m/s)	9
Velocidade do vento início (m/s)	2,5
Velocidade do vento de operação (m/s)	3-20
Velocidade do vento máxima (m/s)	40
Velocidade de rotação nominal (rpm)	500
Diâmetro do rotor (m)	3,2
Protecção contra ventos extremos	Travão electromagnético com resistência eléctrica
Quantidade de pás	3
Material das pás	Fibra de vidro reforçada com plástico
Método de regulação da velocidade	Leme mecânico + Travão electromagnético
Tipo de gerador	3 Fases AC
Material do gerador	Liga de alumínio
Altura da torre (m)	6/9
Temperatura de operação (°C)	-30°/65°

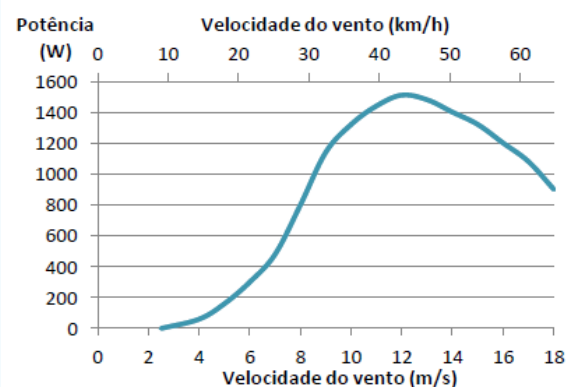


Figura 35 Características técnicas do aerogerador T12/1000

Anexo K.2 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema eólico com aerogerador da marca EFFSUN

Tabela 111 Classe de eficiência energética do edifício com sistema eólico

Contribuição do sistema			
P_{nom}	Potência nominal do aerogerador	1,00	[kW]
		x	
$NEP's$	Número de horas anuais equivalentes à potência nominal	750,00	[h]
		=	
E_{ren}	Contribuição do sistema eólico	750,00	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária	78,64	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		-	
E_{ren}	Contribuição do aerogerador com função de produção de energia eléctrica	750,00	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
$F_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
		=	
N_{tc}^*	Necessidades nominais anuais de energia primária com aerogerador	70,73	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais anuais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,43	
	Classe Energética	A	

Anexo L. Biomassa

Este anexo tem como função apresentar as características técnicas dos equipamentos de queima de biomassa, os cálculos efetuados para a obtenção das novas classes energéticas.

Anexo L.1 – Ficha técnica da caldeira *Hidrapellets 24*

CALDEIRA MUITO COMPACTA A PELLETS

A caldeira Solius HidraPellets é uma caldeira para o aquecimento da água do aquecimento central, com acendimento e alimentação automática de pellets, com um pequeno silo incorporado. O carregamento manual do silo é efectuado pela tampa superior.

CONCEÇÃO SEGURA E COMPACTA

Todos os componentes estão incorporados no interior do equipamento, sem quaisquer elementos à vista. As suas dimensões possibilitam a fácil substituição de caldeiras antigas, mesmo em locais com pouco espaço disponível.

CRONOTERMOSTATO C/ PROGRAMAÇÃO DIÁRIA, SEMANAL E FIM-DE-SEMANA

Arranque automático à hora programada e regulação automática da temperatura desejada. O relógio incorporado permite a programação do horário de funcionamento. À hora programada, a estufa arranca automaticamente, activando o ventilador de ar quente, até ser atingida a temperatura previamente definida.

MODULAÇÃO AUTOMÁTICA DE POTÊNCIA DO QUEIMADOR

A caldeira automaticamente ajusta a potência do queimador às necessidades de aquecimento e de acordo com a temperatura da água desejada, variando a velocidade do ventilador e a cadência de alimentação de pellets.

ACABAMENTO MUITO DISCRETO E ELEGANTE EM BORDEAUX RAL 3004

EQUIPAMENTO COMPLETO

Inclui bomba, purgador, manómetro, válvula de segurança e vaso de expansão de 8 litros.

UTILIZAÇÃO SIMPLES E INTUITIVA

Controlador digital com indicação clara dos principais parâmetros de funcionamento do equipamento. A gestão electrónica incorporada possibilita a alteração de inúmeros parâmetros, possibilitando a adaptação às mais diversas condições de funcionamento.

LIMPEZA E RECOLHA MANUAL DE CINZAS

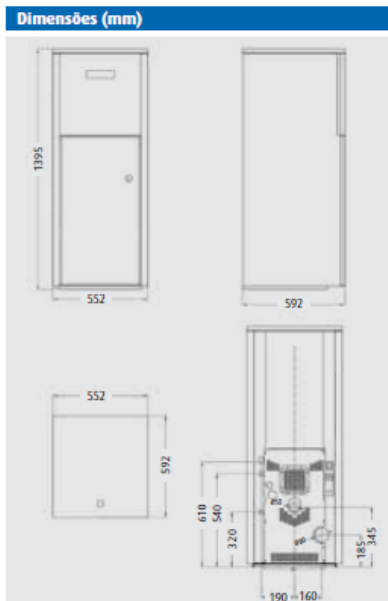
O queimador é limpo ciclicamente com um sopro de ar forte, proporcionando um funcionamento regular e uma combustão adequada. O utilizador deverá periodicamente retirar as cinzas do respectivo depósito e do queimador.



HidraPellets 18



Controlador digital



Dados técnicos		HidraPellets 18	HidraPellets 24
Potência no queimador	(kW)	18,8	25,3
Potência nominal	(kW)	17,3	22,4
Potência mínima	(kW)	5,6	7,3
Potência nominal para a água	(kW)	14,2	18,2
Rendimento da combustão	(%)	92,2	88,3
Consumo de pellets 6mm*	(kg/h)	1,1 - 3,8	1,5 - 5,2
Capacidade do reservatório pellets	(kg)	52	52
Saída de fumos	(mm)	Ø80	Ø80
Ligações para aquecimento central		¾" M	¾" M
Volume de água na caldeira	(l)	13,5	13,5
Dimensões caldeira (larg x prof x alt)	(mm)	555 x 590 x 1395	555 x 590 x 1395
Peso	(kg)	176	176

Figura 36 Características técnicas da caldeira *Hidrapellets 24*

Anexo L.2 – Ficha técnica do recuperador de calor panorâmico 1050

COMPONENTES E ACABAMENTO DE ALTA QUALIDADE

POSIÇÃO DE COMBUSTÃO DA LENHA AJUSTÁVEL

Grelha de cinzas reforçada em ferro fundido amovível entre centro e fundo

ELEVADO VOLUME DE ÁGUA

REGISTO DE SAÍDA DE FUMOS PARA POUANÇA DE COMBUSTÍVEL (BORBOLETA)

actuador muito discreto colocado no canto superior direito que permite controlar a posição da borboleta de fumos, fundamental para reduzir o consumo do equipamento em funcionamento normal (deve estar ou fechada ou apenas semi-aberta, depois de chaminé estar quente)

REGULAÇÃO AUTOMÁTICA DA ADMISSÃO DE AR PRIMÁRIO

utilizando um regulador de combustão (não incluído) que complementa a entrada de ar primário com registo frontal na base da porta

CHAPA INTERIOR SUPERIOR DEFLECTORA COM ÁGUA

previne deformações e aumenta transferência de calor

ARO DE REMATE INCLUÍDO COM 4 LADOS PARA ACABAMENTO IMPECÁVEL



Dados técnicos		Panorâmico 1050
Potência de utilização	(kW)	34,5
Potência nominal total	(kW)	22,3
Rendimento	(%)	71
Comprimento máximo da lenha	(mm)	730
Dimensões corpo (alt. x larg. x prof.)	(mm)	549-929 x 910 x 616
Dimensões aro (alt. x larg.)	(mm)	636 x 1057
Diâmetro saída de fumos	(mm)	Ø200
Volume água	(L)	83
Peso	(kg)	254



Dimensões (mm)

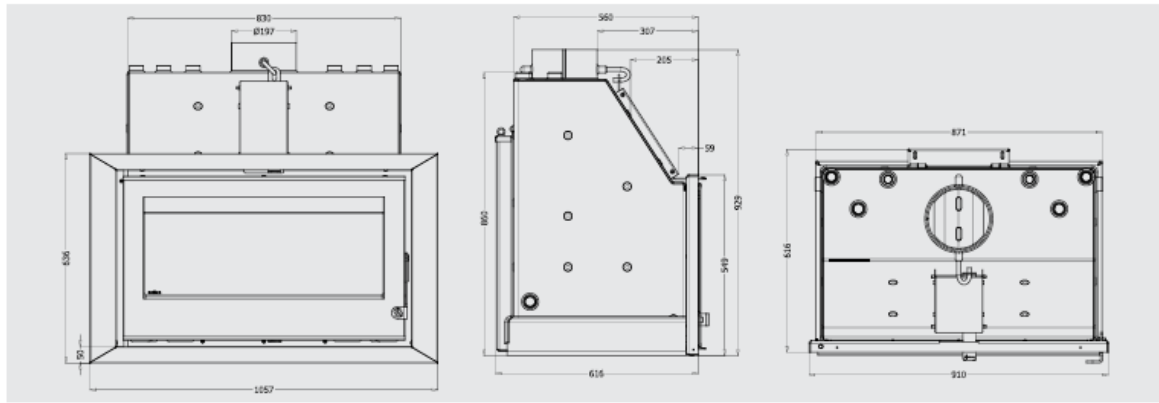


Figura 37 Características técnicas do recuperador de calor hidráulico Panorâmico 1050

Anexo L.3 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento através de caldeira a *pellets*

Tabela 112 Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento através de caldeira a *pellets*

Contribuição do sistema			
$f_{i,k}$	Parcela das nec. de energia supridas pela caldeira a <i>pellets</i>	100%	[%]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	22,71	[kWh/m ² .ano]
		/	
η_k	Eficiência da caldeira a <i>pellets</i>	88,30%	[%]
		=	
E_{ren}	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> com função de aquecimento central	6099,06	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (sem aquecimento)	21,86	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
Aquec.	Necessidades de energia primária, para aquecimento	25,72	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		-	
E_{ren}	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> com função de aquecimento central	6099,06	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
		=	
N_{tc}^*	Necessidades nominais de energia primária com caldeira a <i>pellets</i>	21,86	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,13	
	Classe Energética	A+	

Anexo L.4 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema de preparação de AQS através de caldeira a *pellets*

Tabela 113 Classe de eficiência energética do edifício com sistema de preparação de AQS através de caldeira a *pellets*

Contribuição do sistema			
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades de energia supridas pelo sistema a biomassa	100%	[%]
Q_a	Necessidades anuais de energia, para preparação de AQS	2971,61	[kWh/ano]
η_k	Eficiência do sistema a biomassa	88,30%	[%]
E_{ren}	Contribuição do sistema a biomassa	3365,35	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (sem AQS)	64,06	[kWh _{EP} /m ² .ano]
AQS	Necessidades de energia primária, para AQS	14,19	[kWh _{EP} /m ² .ano]
E_{ren}	Contribuição da caldeira a <i>pellets</i> com função de produção de AQS	3365,35	[kWh/ano]
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
N_{tc}^*	Necessidades nominais de energia primária com caldeira a <i>pellets</i>	64,06	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,39	
	Classe Energética	A	

Anexo L.5 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de caldeira a *pellets*

Tabela 114 Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de caldeira a *pellets*

Contribuição do sistema			
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades de energia supridas pelo sistema a biomassa	100%	[%]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil, para aquecimento	22,71	[kWh/m ² .ano]
		/	
η_k	Eficiência do sistema a biomassa	88,30%	[%]
		+	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades de energia supridas pelo sistema a biomassa	1,00	
		x	
$f_{r,k}$	Sistema instalado em divisão útil e condicionado o aquecimento ambiente	1,00	
		x	
Q_a	Necessidades anuais de energia para, preparação de AQS	2971,61	[kWh/ano]
		/	
η_k	Eficiência do sistema a biomassa	88,30%	[%]
		=	
E_{ren}	Contribuição do sistema a biomassa	9464,41	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (sem aquecimento e sem AQS)	7,28	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
AQS	Necessidades de energia primária, para AQS	14,19	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
Aquec.	Necessidades de energia primária, para aquecimento	25,72	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		-	
E_{ren}	Contribuição do sistema a biomassa	9464,41	[kWh/ano]
		/	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	1,00	[kWh _{EP} /kWh]
		=	
N_{tc}^*	Necessidades nominais de energia primária com caldeira a <i>pellets</i>	7,28	[kWh _{EP} /m ² .ano]

N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		=	
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,04	
	Classe Energética	A+	

Anexo L.6 – Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de recuperador de calor a lenha

Tabela 115 Classe de eficiência energética do edifício com sistema de aquecimento e de preparação de AQS através de recuperador de calor a lenha

Contribuição do sistema			
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades de energia supridas pelo sistema a biomassa	100%	[%]
		x	
A_p	Área útil de pavimento	237,12	[m ²]
		x	
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil, para aquecimento	22,71	[kWh/m ² .ano]
		/	
η_k	Eficiência do sistema a biomassa	71,00%	[%]
		+	
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades de energia supridas pelo sistema a biomassa	100%	[%]
		x	
$f_{r,k}$	Sistema instalado em divisão útil e condicionado o aquecimento ambiente	0,50	[%]
		x	
Q_a	Necessidades anuais de energia, para preparação de AQS	2971,61	[kWh/ano]
		/	
η_k	Eficiência do sistema a biomassa	71,00%	[%]
		=	
E_{ren}	Contribuição do sistema a biomassa	9682,07	[kWh/ano]
Determinação da nova classe energética			
N_{tc}	Necessidades nominais de energia primária (sem aquecimento e sem AQS)	7,28	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
AQS	Necessidades de energia primária, para AQS	17,65	[kWh _{EP} /m ² .ano]
		+	
Aquec.	Necessidades de energia primária, para aquecimento	32,60	[kWh _{EP} /m ² .ano]

E_{ren}	Contribuição do sistema a biomassa	- 9682,07	[kWh/ano]
A_p	Área útil de pavimento	/ 237,12	[m ²]
$f_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	x 1,00	[kWh _{EP} /kWh]
N_{tc}^*	Necessidades nominais de energia primária com recuperador de calor	= 16,70	[kWh _{EP} /m ² .ano]
N_t	Necessidades nominais de energia primária máximas	164,89	[kWh _{EP} /m ² .ano]
R_{tc}^*	Rácio de classe energética	0,10	
	Classe Energética	A+	