



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

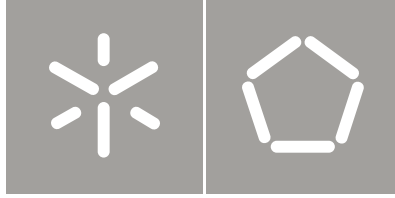
César Eduardo Carvalho Cerdeira

Avaliação de Sistemas de
Climatização em Edifícios Residenciais

César Eduardo Carvalho Cerdeira
Avaliação de Sistemas de
Climatização em Edifícios Residenciais

UMinho | 2011

Outubro de 2011



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

César Eduardo Carvalho Cerdeira

Avaliação de Sistemas de
Climatização em Edifícios Residenciais

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Pedro Lobarinhas

Resumo

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final consumida na Europa. Todavia, mais de metade deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, quase a totalidade do compromisso da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto [1]. Essas medidas podem ser passivas e activas, sendo nestas últimas que este trabalho tem maior incidência.

Na sequência do Protocolo de Quioto, novos regulamentos foram criados na União Europeia e em Portugal tal como o RSECE, o RCCTE e o SCE, impondo limites nos consumos energéticos dos edifícios e classificando-os por classes energéticas.

A tão almejada eficiência energética pode ser obtida conjugando várias factores sendo que este trabalho centra-se na estimativa dos consumos energéticos de uma vivenda unifamiliar, com o objectivo de identificar a origem dos consumos energéticos mais relevantes e o intuito de implementar medidas que reduzam esses consumos levando dessa forma a uma redução da emissão de gases de efeito de estufa, bem como a uma poupança económica sempre bem-vinda tendo em conta a conjuntura actual de Portugal.

O caso de estudo, foi baseado numa vivenda ainda em fase de projecto, cumpridora dos mais recentes regulamentos e é também objectivo deste trabalho elaborar uma comparação do desempenho da mesma nas diferentes zonas climáticas do território português e a implicação na factura energética dessas diferenças.

Com o recurso à ferramenta de cálculo, foi possível verificar que os custos totais dos equipamentos dependem maioritariamente do preço das fontes energéticas. O impacto da previsão do aumento dos preços das fontes energéticas pode em alguns casos superar os 25% dos custos totais, provando assim a sua importância na correcta definição do custo final de um equipamento.

Palavras-Chave: RCCTE, AVAC, Fontes energéticas, Eficiência energética

Abstract

The building sector is responsible for consuming about 40% of the final energy in Europe. However, more than 50% of this consumption can be reduced through energy efficiency measures, which may represent an annual reduction of 400 million tons of CO₂ - almost all of the European Union commitment under the Kyoto Protocol. These measures may be passive and active, being the last ones that this work has a higher focus.

Following the Kyoto Protocol, new regulations have been created in the European Union and in Portugal, such as the RSECE, the RCCTE and the SCE, imposing limits on the energy consumption of buildings and classifying them by energy classes.

The much desired energy efficiency can be obtained by combining several factors and this work focuses on the estimate of the energy consumption of a single-family house, with the aim of identifying the most relevant sources of energy consumption and to implement these measures to reduce consumption, thereby leading to a reduction of greenhouse gases emissions, as well as a economic savings, always welcome in view of the current situation in Portugal.

The case study was based on a house still in draft form, complying to the latest regulations and is also an objective of this work a comparison of its performance in different climatic zones of the Portuguese territory and the implication of these differences in the energy bill.

With use of the calculation tool, it is possible to verify that the total cost of the equipments depends mostly from the price of energy sources. The impact of the forecast in prices of energy sources may in some cases exceed the 25% of total costs, thus proving its importance in the proper definition of the final cost of the equipment.

Keywords: RCCTE, HVAC, Energy sources, Energy efficiency

Agradecimentos

Após conclusão desta dissertação de Mestrado não quero deixar de agradecer a todos aqueles que me ajudaram tanto na elaboração desta, como no meu percurso académico até então.

Quero agradecer em primeiro lugar à minha família, com especial destaque à minha mãe por tudo. Não posso também, deixar de agradecer ao meu orientador, o professor Pedro Lobarinhas pelo apoio prestado na elaboração do trabalho.

Uma especial menção ao Tiago e ao Marco pela companhia e pela ajuda durante estes últimos meses.

Índice

Resumo.....	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos.....	v
Índice	vii
Índice de Figuras	xi
1. Introdução.....	1
1.1 Objectivos.....	2
1.2 Metodologia.....	3
2. Caracterização Energética Nacional	4
2.1 Consumo de energia no sector doméstico	4
2.2 Estratégia Nacional para a Energia – ENE2020	7
3. Factores que afectam o comportamento térmico dos edifícios	9
3.1 Zona Climática/Isolamento	9
3.2 Orientação.....	10
3.3 Inércia Térmica.....	11
3.4 Envidraçados	12
3.5. Arquitectura Bioclimática	14
3.5.1 Soluções para arrefecimento no Verão	14
3.5.2 Soluções para aquecimento no Inverno	19
3.6 Conforto térmico humano	22
3.6.1 Gráfico psicrométrico de Givoni	24
4. Fontes Energéticas	25
4.1 Pellets	26
4.2 Gasóleo de Aquecimento.....	30

4.3 Gás Natural	34
4.4 Butano/Propano	36
4.5 Electricidade	38
4.6 Lenha	42
5. Equipamentos	44
5.1 Bombas de calor.....	44
5.1.1 Ar – água.....	45
5.1.2 Ar-ar	46
5.1.3 Geotérmica	47
5.2 Ar condicionado	48
5.2.2 Sistema unitário ou centralizado	48
5.3 Caldeiras	49
5.4 Aquecimento Eléctrico	51
5.5 Unidades Terminais	51
5.5.1 Radiadores	51
5.5.2 Ventiloconvectores	52
5.5.3 Piso radiante eléctrico.....	52
5.6 Equipamentos de AQS	53
5.6.1 Esquentador a Gás.....	53
5.6.2 Caldeira de Aquecimento de Águas Directas – Sistema instantâneo de produção de AQS.....	54
5.6.3 Termoacumulador Eléctrico – Sistema de acumulação de AQS.....	54
5.6.4 Termoacumulador a Gás – Sistema de acumulação de AQS	54
5.7 Solar térmico	55
5.8 Boas práticas a ter na climatização	57
6. Caso de Estudo	58

6.1 Enquadramento Legal em Portugal	61
6.2 Certificação energética.....	61
6.3 RSECE.....	63
6.4 RCCTE.....	63
6.4.1 Dados Climáticos	64
6.4.2 Cálculo de AQS.....	65
6.4.3 Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil de Aquecimento, N_i	65
6.4.4 Perdas de calor por condução através da envolvente (Q_A)	67
6.4.5 Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v).....	70
6.4.6 Ganhos térmicos úteis (Q_{gu})	71
6.4.7 Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N)	74
6.4.8 Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})	75
6.4.9 Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N)	77
6.4.10 Necessidades nominais anuais de energia útil na preparação de AQS (N_{ac})	77
6.4.11 Limitação das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS (N_a)	79
6.4.12 Necessidades globais anuais nominais de energia primária (N_{tc})	79
6.4.13 Limitação das necessidades globais anuais nominais de energia primária (N)	80
7. Softwares Utilizados.....	81
7.1 Cypeterm.....	81
7.2 RCCTE-STE.....	83
7.2.1 Parâmetros alterados.....	87
8. Programa Excel	90
8.1 Excel	90

8.2	Íncio	91
8.3	Nic Nvc	92
8.4	Aquecimento	93
8.5	Arrefecimento	95
8.6	AQS.....	95
8.7	Custos.....	96
8.7.1	Preço sem evolução dos combustíveis.....	98
8.8	Eprimária	99
9.	Conclusão e Propostas de Trabalho Futuro	100
10.	Referências Bibliográficas	101
ANEXOS	103
Anexo A	– Representação dos alçados da habitação unifamiliar	104
Anexo B	– Resultados obtidos no RCCTE-STE	106
Anexo C	– Dados técnicos e diagrama da bomba de calor	120
Anexo D	– Definição da envolvente da habitação unifamiliar	122

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama da Metodologia.....	3
Figura 2 - Taxa de dependência energética [4].....	4
Figura 3 – Consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) do consumo do sector doméstico no consumo final de energia (1986-2009) [4].....	5
Figura 4 - Distribuição do consumo de energia no alojamento, por tipo de uso e fonte de energia (2010) [4].....	7
Figura 5 - Influência da zona climática de implantação dos edifícios nas suas necessidades energéticas, em função do nível de isolamento [6].....	9
Figura 6 - Influência da forma nas necessidades energéticas em função da orientação [6].....	10
Figura 7 – Configurações dos edifícios C1, C2 e C3 [6].....	11
Figura 8 – Influência da inércia térmica nas necessidades de aquecimento em função da espessura do isolamento [6].....	12
Figura 9 - Avaliação da eficiência energética dos diversos tipos de envidraçados, em função do tipo de caixilharia [6].....	13
Figura 10 - Influência dos dispositivos de sombreamento, em função da cor (protecção. 13	
Figura 11– Influência do sombreamento no aquecimento/arrefecimento de uma habitação [7].....	16
Figura 12- Arrefecimento Evaporativo num gráfico psicométrico [8].....	17
Figura 13– Processo de arrefecimento evaporativo directo [9].....	17
Figura 14- Sistema de chaminé solar na cobertura [10].....	18
Figura 15- Esquema de funcionamento de um sistema de arrefecimento/ventilação durante um dia de Verão.....	19
Figura 16– Trajectória solar no dia 22 de Setembro ao meio-dia solar, gerada no software Cypeterm.....	20
Figura 17– Exemplos de mecanismos de captação solar [7].....	21
Figura 18- Esquema do funcionamento de uma parede de Trombe [10].....	22
Figura 19– Factores que afectam o equilíbrio térmico.....	23
Figura 20- Diagrama psicométrico da cidade do Porto [12].....	24

Figura 21- Evolução em percentagem do preço do barril de crude, do propano e dos pellets [13]	26
Figura 22- Ciclo curto do carbono [14]	27
Figura 23- Mercado de pellets na Europa [17]	28
Figura 24 Evolução do preço de pellets em alguns países europeus [17]	29
Figura 25- Previsão dos custos dos pellets em €/kg	30
Figura 26- Relação entre o preço do gasóleo de aquecimento e o barril de crude [18]....	31
Figura 27- Previsão para o preço do barril de crude [19]	32
Figura 28- Influência da taxa de câmbio EUR/USD no preço do barril de crude [20]	33
Figura 29- Previsão do custo do gasóleo de aquecimento em €/litro.....	34
Figura 30– Evolução do preço médio do gás natural [20]	35
Figura 31– Evolução do preço do propano e do butano [23].....	37
Figura 32- Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kg.....	37
Figura 33 Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kg	38
Figura 34 – Défice tarifário existente no sector da electricidade [24].....	39
Figura 35- Comparação das diferentes estratégias de investimento.....	40
Figura 36– Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kWh	41
Figura 37 – Variação do teor de humidade com o tempo num processo de secagem natural	42
Figura 38– Preço actual por (€/kWh) para as diferentes fontes energéticas	43
Figura 39– Princípio básico de uma bomba de calor [26]	45
Figura 40- Diversas possibilidades de captação da energia geotérmica [27].....	47
Figura 41 – Representação esquemática de um sistema de ar condicionado	48
Figura 42– Esquema de uma caldeira a lenha [29]	50
Figura 43- Imagem de um aquecedor a óleo	51
Figura 44– Diferença obtida entre piso radiante e um sistema com circulador de ar	53
Figura 45 - Imagem de um equipamento solar térmico termossifão	56
Figura 46 – Características técnicas do esquentador a gás Junkers WTD 14 KG – Hydropower Plus	58
Figura 47– Delimitação da envolvente no Piso 0 gerado no software Cypeterm	59
Figura 48– Delimitação da envolvente no Piso 1 gerado no software Cypeterm	60
Figura 49 - Delimitação da envolvente no alçado Sul gerado no software Cypeterm	60

Figura 50 – Modelo certificado no âmbito da certificação energética [1]	62
Figura 51- Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de aquecimento [31]	66
Figura 52- Factor de utilização dos ganhos térmicos (η), em função do parâmetro γ e da classe de inércia.....	74
Figura 53- Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de arrefecimento [31].....	75
Figura 54- Imagem tridimensional do edifício do caso prático modulado no Cypeterm....	81
Figura 55- Exportação para o EnergyPlus	83
Figura 56 – Selecção do edifício no software RCCTE - STE	84
Figura 57 – Ambiente de trabalho do software RCCTE - STE.....	85
Figura 58 - Potência máxima e instalar e a potência nominal de simulação.....	86
Figura 59 – Necessidades energéticas e temperatura do ar interior e exterior	87
Figura 60- Impacto da variação da zona climática no caso prático	88
Figura 61 - Impacto da variação do comprimento do sombreamento no caso prático	89
Figura 62 - Impacto da variação da variação das características dos envidraçados no caso prático.....	89
Figura 63- Folha inicial do programa	91
Figura 64– Folha da Zona climática de Inverno	91
Figura 65- Folha da Zona climática de Verão	92
Figura 66- Folha Nic Nvc.....	93
Figura 67 - Folha 'Aquecimento'	94
Figura 68- Folha "CalcAq"	94
Figura 69 - Folha de 'Arrefecimento'	95
Figura 70- Folha 'AQS'	96
Figura 71 – Custo total do aquecimento.....	97
Figura 72 – Custo total do arrefecimento	97
Figura 73 – Custo total das AQS	97
Figura 74- Comparação do custo final do aquecimento com e sem evolução dos preços dos combustíveis.....	98
Figura 75- Comparação do custo final do arrefecimento com e sem evolução dos preços dos combustíveis.....	98

Figura 76 - Comparação do custo final das AQS com e sem evolução dos preços dos combustíveis	99
Figura 77- Folha Eprimária	99
Figura A. 1 – Representação 2D do alçado Oeste	104
Figura A. 2 - Representação 2D do alçado Este	104
Figura A. 3 - Representação 2D do alçado Norte.....	105
Figura A. 4 - Representação 2D do alçado Sul	105
Figura B. 1 Ficha 1 do RCCTE-STE.....	106
Figura B. 2 - Ficha 2 do RCCTE-STE.....	107
Figura B. 3 - Ficha 2 do RCCTE-STE (continuação)	108
Figura B. 4 - Ficha 3 do RCCTE-STE.....	109
Figura B. 5 – Folha Cálculo FCIV.1a e 1b do RCCTE-STE.....	110
Figura B. 6 - Folha Cálculo FCIV.1c do RCCTE-STE.....	111
Figura B. 7- Folha Cálculo FCIV.1d do RCCTE-STE.....	112
Figura B. 8- Folha Cálculo FCIV.1e do RCCTE-STE.....	113
Figura B. 9- Folha Cálculo FCIV.1f do RCCTE-STE.....	114
Figura B. 10- Folha Cálculo FCIV.2 do RCCTE-STE.....	115
Figura B. 11- Folha Cálculo FCV.1a do RCCTE-STE.....	116
Figura B. 12- Folha Cálculo FCV.1b do RCCTE-STE.....	116
Figura B. 13- Folha Cálculo FCV.1c do RCCTE-STE.....	117
Figura B. 14- Folha Cálculo FCV.1d do RCCTE-STE.....	118
Figura B. 15- Folha Cálculo FCV.1e do RCCTE-STE.....	118
Figura B. 16- Folha Cálculo FCV.1f do RCCTE-STE.....	119
Figura C. 17 - Figura - Diagrama da instalação da bomba de calor.....	121
Figura D. 1 – Esquema da parede exterior 1	122
Figura D. 2- Elementos exteriores do tipo 1: parede (ParExt2) e pilar (PilarE).	123
Figura D. 3- Elementos exteriores do tipo 1: parede (ParE) e pilar (PilarE).	125
Figura D. 4- Pavimento térreo do tipo 1 – PavT1.	126
Figura D. 5- Elementos de compartimentação do tipo 1: parede (ParC1), pilar (PilarC1) e viga (VigaC1).	127
Figura D. 6 - Laje de compartimentação interior entre pisos – Laje C.....	128

Índice de Tabelas

Tabela 1- Potencial de Aquecimento dos GEE	2
Tabela 2 - Consumo de energia no alojamento por tipo de energia (2010) [4]	6
Tabela 4- Intensidade da radiação solar [30]	65
Tabela 5 – Dados para o cálculo das AQS	65
Tabela 6- Fórmulas de cálculo de Ni consoante o valor de FF (factor de forma).....	75
Tabela 7 - Necessidades nominais de referência de arrefecimento (N_r).....	77
Tabela 8- Comparação entre os valores obtidos pelo Cypeterm e Cálculo Analítico.....	82
Tabela 9 - Comparação entre os valores obtidos pelo RCCTE-STE e Cálculo Analítico	85
Tabela C. 1 - Dados Técnicos da Bomba de Calor	120
Tabela D. 1 Constituição da parede exterior 1	122
Tabela D. 2 - Constituição da parede exterior 2	124
Tabela D. 3 – Constituição da parede interior	125
Tabela D. 4 – Constituição do pavimento T1	126
Tabela D. 5 – Constituição da parede C1	127
Tabela D. 6 - Constituição da Laje C.....	129

Glossário de Termos

RCCTE – Regulamento do Características do Comportamento Térmicos de Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistema Energéticos de Climatização em Edifícios

GNL – Gás Natural Liquefeito

FF –Factor de Forma

PCI – Poder Calorífico Inferior em kJ/kg

AQS – Águas Quentes Sanitárias

Tep – Tonelada Equivalente de Petróleo $1\text{tep}=41,868\text{ GJ}$

Taxa de câmbio USD/EUR – Exprime o preço de um dólar americano em euros

1. Introdução

As alterações climáticas constituem um dos principais desafios que a humanidade terá de enfrentar num futuro próximo. O aumento das temperaturas médias tanto da água do mar como do ar, leva à fusão dos glaciares. Um maior número de episódios de seca e inundações são também sinais de que estas alterações estão a decorrer. Os riscos para toda a fauna e flora que habitam este planeta são enormes e para proporcionar um futuro melhor para as gerações vindouras é necessário agir com a maior brevidade possível.

A União Europeia, da qual Portugal é parte integrante, tem sido pioneira neste campo e um dos principais motores para uma mudança de mentalidade na nossa sociedade e maior consciencialização nesta matéria que tem tido cada vez maior impacto no nosso dia-a-dia.

O protocolo de Quioto, é um acordo que determina que os países signatários, sendo estes maioritariamente industrializados imponham limites à emissão de gases poluentes que contribuem para o efeito de estufa. Este protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas acções básicas [2]:

- Modernizar os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- Limitar as emissões de gases potenciadores do efeito de estufa;
- Proteger florestas e outros consumidores de dióxido de carbono.

Este tratado tem metas vinculativas e quantificadas que impõe uma redução das emissões totais dos países desenvolvidos no mínimo de 5% em relação aos níveis de 1990 durante o período compreendido entre 2008-2012. Os países que compunham a União Europeia em 2004 têm como meta uma redução de 8% [3]. Os EUA em 2001 abandonaram este protocolo por considerarem que prejudicava seriamente a sua economia. Apesar do referido protocolo ser um importante avanço, principalmente na mudança de mentalidades, o seu efeito prático é, segundo a maior parte dos cientistas muito reduzido porque os EUA, o maior poluidor não o apoia. Também, tem prejudicado este acordo o facto de os países tidos como em

desenvolvimento terem aumentado a emissão de gases nocivos para a atmosfera o que leva a que indirectamente ocorra uma perda de competitividade nos países desenvolvidos, pois utilizar alternativas mais ecológicas custa mais dinheiro.

Os créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissões (RCE) são certificados emitidos para uma pessoa, empresa ou mesmo um país que reduziu a sua emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE). Ficou convencionado que uma tonelada de CO₂ equivaleria a um crédito e que o mesmo poderia ser negociado num mercado internacional e ser comprado por países e entidades que já tenham ou estão em vias de ultrapassar a sua quota limite de emissão de gases poluente. A seguir é apresentado o potencial de aquecimento global dos GEE:

Tabela 1- Potencial de Aquecimento dos GEE

GEE	Potencial de Aquecimento
CO ₂ - Dióxido de Carbono	1
CH ₄ - Metano	21
N ₂ O - Óxido nitroso	310
HFC's - Hidrofluorcarbonetos	140 até 11700
PFC's - Perfluorcarbonetos	6500 até 9200
SF ₆ - Hexafluoreto de enxofre	23900

1.1 Objectivos

O presente trabalho tem por objectivo geral avaliar a importância dos sistemas de climatização nos edifícios residenciais, nas diferentes zonas climáticas do território português. Para atingir este objectivo, é necessário fazer um levantamento das diferentes soluções de climatização de edifícios residenciais e analisar impacto das mesmas numa perspectiva energética, económica e de classificação do edifício à luz da legislação vigente (dec. Lei 78, 79 e 80 de 2006). Para que esta tarefa seja realizada de uma forma mais expedita, é crucial o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo que incorpora os resultados de um estudo à situação actual das fontes energéticas e previsão dos preços que estas poderão atingir.

1.2 Metodologia

Para atingir os objectivos propostos, foi necessário seguir a metodologia apresentada na Figura 1, de modo a obter todos os dados necessários para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo bem como ultrapassar obstáculos que surgiram. O ponto de partida, foi uma habitação unifamiliar ainda em fase de projecto, tendo sido efectuado um cálculo analítico para verificar se o edifício se encontra regulamentar à luz do RCCTE sendo que posteriormente estes valores foram comparados com os obtidos no software Cypeterm. A comparação revelou que existiam valores muito díspares, surgindo a necessidade de recorrer ao software RCCTE-STE para uma melhor compreensão dos valores obtidos anteriormente. Simultaneamente, foi realizado um levantamento dos sistemas de climatização e produção de AQS (Águas Quentes Sanitárias) e um estudo das fontes energéticas utilizadas nesses sistemas. Depois, de estas tarefas estarem concluídas teve lugar o desenvolvimento da ferramenta de cálculo que produziu os resultados apresentados no final deste trabalho.

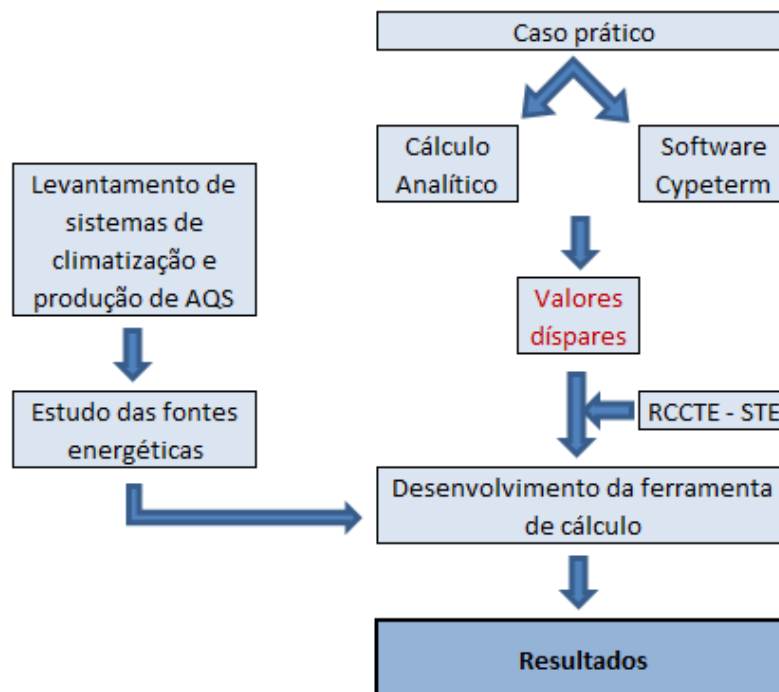


Figura 1 - Diagrama da Metodologia

2. Caracterização Energética Nacional

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, principalmente naqueles que asseguram a maior fatia das necessidades energéticas (como o petróleo, o carvão e o gás).

Tal situação de escassez conduz a uma elevada dependência energética do exterior (81% em 2009 [4], isto apesar da mesma ter vindo a diminuir), sendo totalmente dependente das importações de fontes primárias de origem fóssil e com uma contribuição das energias hídrica, eólica, solar e geotérmica, e ainda de lenhas e resíduos, que importa aumentar.

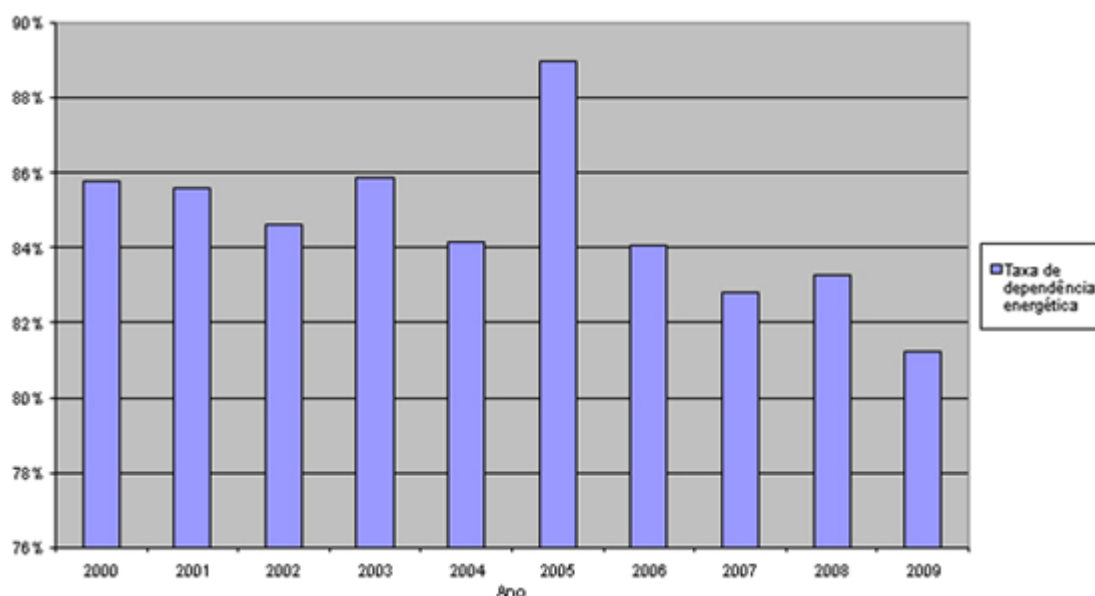


Figura 2 - Taxa de dependência energética [4]

Portugal está assim perante uma reduzida diversificação de energia primária, aliada à escassez de recursos próprios, que conduz a uma maior vulnerabilidade do sistema energético às flutuações dos preços internacionais, nomeadamente do preço do barril de crude, o que forçosamente leva a um esforço que vise alterar este quadro para um futuro mais sustentável.

2.1 Consumo de energia no sector doméstico

Em Portugal, tem vindo a verificar-se uma mudança no consumo de energia nas habitações nos últimos 15 anos, de acordo com os resultados preliminares do Inquérito ao

Consumo de Energia no Sector Doméstico realizado em 2010 [4]. O consumo total de energia foi de 5,76 Mtep em 2010, sendo que pela 1ª vez o consumo de energia nos veículos utilizados no transporte dos residentes no alojamento que representa 51% do total, ultrapassou o consumo de energia no alojamento. O consumo global de energia por alojamento foi de 1,47 tep, incluindo o consumo nos transportes. A Electricidade é a principal fonte de energia (44%), destacando-se a perda da importância relativa da Lenha, face à última edição deste inquérito, realizada em 1996, de 42% para 24%. A utilização de energia na Cozinha continua a ter o maior peso, cerca de 37%, comparando com as outras divisões do alojamento. O consumo de fontes de energia renováveis (Carvão, Lenha e energia Solar térmica) no sector doméstico representa cerca de 25% do consumo total de energia nos alojamentos em 2010, sendo a contribuição da Lenha o factor mais relevante [4].

Como é possível ver no gráfico da Figura 3, o consumo tinha registado até ao ano 2005 uma subida vertiginosa, tendo depois estabilizado com o implementar de novos comportamentos, tanto na construção dos edifícios como numa maior eficiência dos equipamentos utilizados. O peso em percentagem do sector doméstico no consumo final de energia tem vindo a estabilizar desde 2001, depois de uma descida que não teve a desejada continuidade. Esta descontinuidade tem origem num aumento da exigência da população portuguesa em relação ao conforto térmico e ao crescente número de equipamentos eléctricos disponíveis nas habitações.

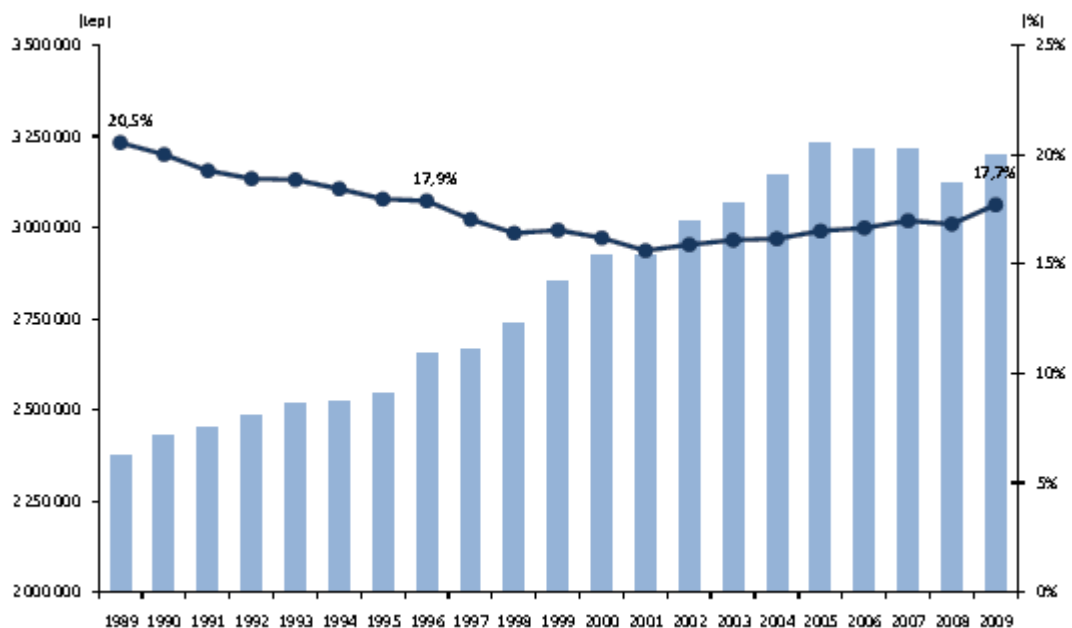


Figura 3 – Consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) do consumo do sector doméstico no consumo final de energia (1986-2009) [4]

O gráfico da, mostra o consumo total de energia no alojamento por tipo de energia. Compara também o consumo total em (tep) e o peso relativo que cada combustível tem no consumo total. Com a descida do peso relativo da lenha, a electricidade é destacadamente o tipo de energia mais utilizado, seguido pelo gás (natural+butano+propano) que já tem uma percentagem considerável e com uma maior implementação da rede de gás natural no país, este passo pode vir a ganhar maior preponderância. Relativamente ao consumo total os outros combustíveis não apresentam percentagens consideráveis.

Tabela 2 - Consumo de energia em cada alojamento por tipo de energia (2010) [4]

Tipo de energia	Unidades	Consumo Total	Consumo Total (tep)	Consumo Total (%)
Electricidade	kWh	14.457.686.699	1.243.361	44,1
Gás Natural	kWh	3.043.700.280	261.711	9,3
GPL Garrafa (Butano)	Ton	359.407	394.881	14,0
GPL Garrafa (Propano)	Ton	79.346	87.178	3,1
Carvão	Kg	11.655.881	7.157	0,3
Lenhas	Kg	2.707.913.749	680.485	24,2
Gasóleo §	L	§ 46.644.977	§ 39.725	§ 1,4
Gasóleo de Aquecimento	L	97.613.386	83.132	3,0
Solar Térmico	tep	18.720	18.720	0,7

No gráfico da Figura 4, é apresentada a distribuição do consumo de energia no alojamento, por tipo de uso e fonte de energia. Nos tipos de uso mais importantes, apresentados no desenvolvimento deste trabalho está o aquecimento de águas sanitárias com 31% do total em que apresenta uma grande variedade de tipos de energia utilizados sendo que a maior fatia corresponde ao gás butano e ao gás natural. O aquecimento ambiente onde é maioritariamente utilizada electricidade e o gasóleo de aquecimento que no conjunto representam 8% do consumo total de energia em 2010. Por fim, o arrefecimento ambiente em que a electricidade é o único tipo de energia utilizado e representa apenas 0,8% do consumo total. [4]

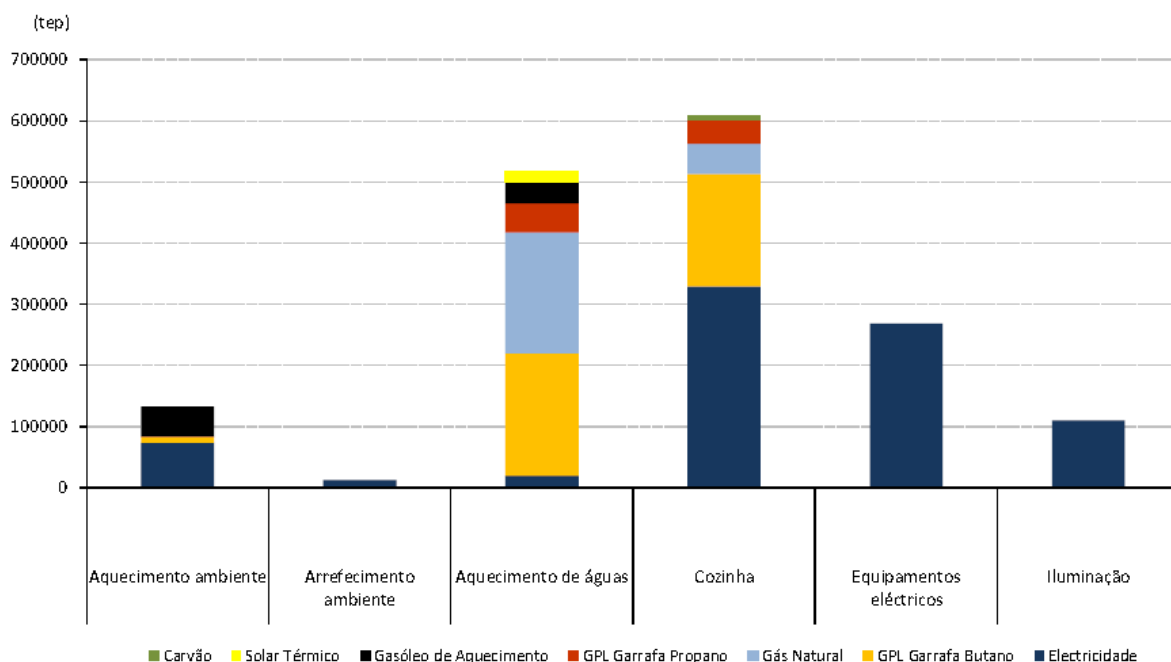


Figura 4 - Distribuição do consumo de energia no alojamento, por tipo de uso e fonte de energia (2010) [4]

2.2 Estratégia Nacional para a Energia – ENE2020

As opções de política energética assumidas na ENE (Estratégia Nacional para a Energia) 2020 assumem-se como um factor de crescimento da economia, de promoção da concorrência nos mercados da energia, de criação de valor e de emprego qualificado em sectores com elevada incorporação tecnológica. O programa tem como objectivo, manter Portugal na fronteira tecnológica das energias alternativas, permitir diminuir a dependência energética do exterior e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa.

Esta estratégia, assenta em cinco pontos principais que traduzem a visão que o país tem sobre o futuro da energia em Portugal.

- Agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira.
- Aposta nas energias renováveis.
- Promoção da eficiência energética.
- Garantia da segurança de abastecimento.
- Sustentabilidade económica e ambiental.

A ENE 2020 como objectivos [5]:

- Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74% em 2020, atingindo o objectivo de 31% da energia final, tendo em conta as metas europeias na matéria.
- Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no âmbito das políticas europeias de combate às alterações climáticas, procurando que em 2020, 60% da electricidade tenha origem em fontes renováveis.
- Criar riqueza e consolidar um cluster energético no sector das energias renováveis e da eficiência energética, criando mais 121.000 postos de trabalho e proporcionando exportações equivalentes a 400 M€ por ano.
- Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para reduzir, no horizonte de 2020, 20 milhões de toneladas de emissões de CO₂, garantindo o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas no quadro europeu e criando condições para a recolha de benefícios no mercado de emissões que serão reinvestidos na promoção das energias renováveis e da eficiência energética.
- Criar, até 2012, um fundo de equilíbrio tarifário, que contribua para minimizar as variações das tarifas de electricidade, beneficiando os consumidores e criando um quadro de sustentabilidade económica que suporte o crescimento a longo prazo da utilização das energias renováveis.

Estas políticas e objectivos encontram-se seriamente em dúvida, devida a uma conjuntura económica cada vez mais difícil havendo a necessidade de suspender novos investimentos. As metas estão em perigo e os consumidores em vez de saírem beneficiados, sairão prejudicados com um previsível aumento das tarifas da electricidade.

3. Factores que afectam o comportamento térmico dos edifícios

Existem variados factores que afectam o comportamento térmico dos edifícios, entre os quais se destacam a sua localização, a orientação e os materiais e soluções utilizadas na definição da envolvente. De seguida, é apresentada a influência que os supra-referidos factores têm nas necessidades energéticas de aquecimento e de arrefecimento.

3.1 Zona Climática/Isolamento

A zona climática onde o edifício se localiza, é um dos factores que tem mais influência no seu comportamento energético. A Figura 5, além de mostrar a discrepância entre as necessidades de aquecimento para cada uma das zonas climáticas em que está dividido o território português, realça a importância da escolha da espessura de isolamento que se possa incluir na habitação. Verifica-se, que a partir de determinada espessura, o aumento da mesma deixa de ser relevante para a diminuição dos gastos com o aquecimento.

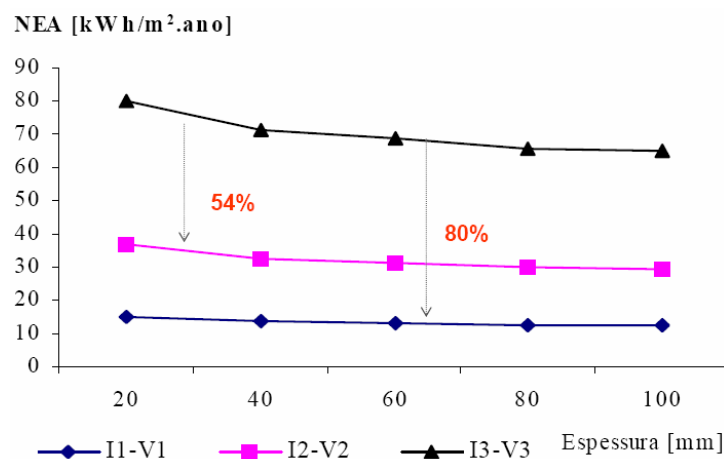


Figura 5 - Influência da zona climática de implantação dos edifícios nas suas necessidades energéticas, em função do nível de isolamento [6]

Onde:

NEA – Necessidades Energéticas de Anuais que englobam as necessidades energéticas de aquecimento e de arrefecimento

I1-V1, I2-V2 e I3-V3 – Zona climáticas

3.2 Orientação

A orientação do edifício é relevante, pois desta depende a exposição solar a que fica sujeito. Como é possível ver na Figura 6, é vantajoso ter um edifício com a fachada de maior área voltada a Sul para receber o máximo de energia possível, tendo no entanto sombreamentos pensados para evitar o sobreaquecimento no Verão. A orientação do edifício deve também contar com os ventos dominantes e a sua influência na ventilação natural e infiltrações. Existem ainda outras particularidades, tal como a orientação das diferentes divisões de uma casa, de forma a proporcionar o ambiente mais adequado à sua função.

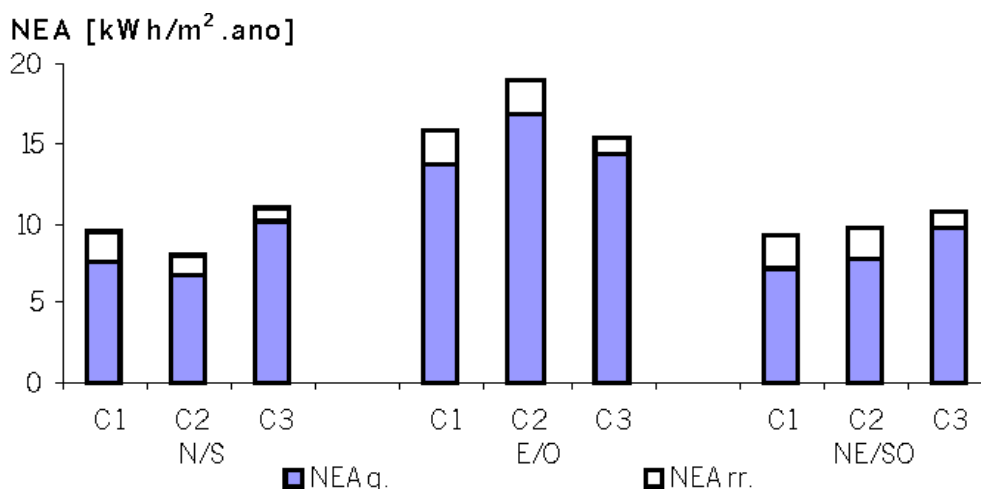


Figura 6 - Influência da forma nas necessidades energéticas em função da orientação [6]

Onde:

NEA – Necessidades Energéticas Anuais

NEAq – Necessidades Energéticas de Aquecimento

NEArr – Necessidades Energéticas de Arrefecimento

Através da Figura 6, é possível verificar que um edifício com a maior fachada com orientação a Norte/Sul será mais económica em termos energéticos, sendo C1, C2 e C3 diferentes configurações para a forma desse mesmo edifício. Em comparação com a orientação Nordeste/Sudoeste as necessidades energéticas não sofrem um aumento significativo, mas se compararmos com a orientação Este/Oeste para a mesma configuração essa diferença pode chegar ao dobro. É também perceptível, que as necessidades de aquecimento são muito superiores às necessidades de arrefecimento.

C1, C2 e C3 são diferentes edifícios que têm a mesma área habitável, mas com as configurações diferentes apresentadas na Figura 7, onde todas as dimensões se encontram em metros. A face dos edifícios visível na Figura 7, é orientada a Sul.

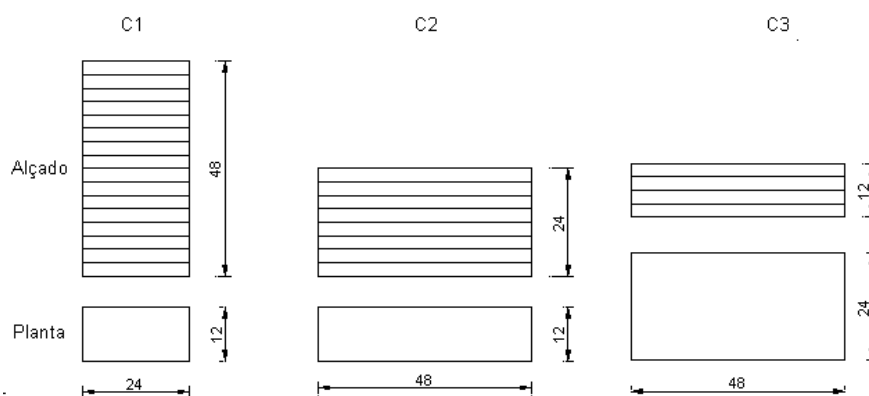


Figura 7 – Configurações dos edifícios C1, C2 e C3 [6]

3.3 Inércia Térmica

Como é observável na Figura 8, a inércia térmica é um factor determinante no comportamento térmico do edifício. Para condições idênticas, um edifício de inércia térmica forte, tem necessidades energéticas 21% inferiores comparando com um edifício de inércia térmica fraca.

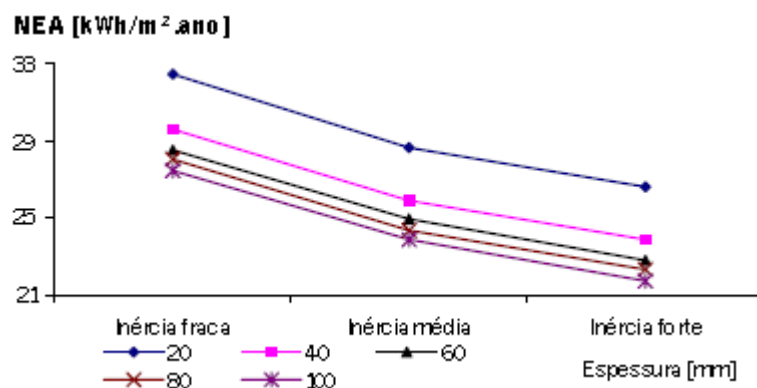


Figura 8 – Influência da inércia térmica nas necessidades de aquecimento em função da espessura do isolamento [6]

Onde:

NEA – Necessidades Energéticas de Anuais

O tipo de inércia térmica é muito importante na escolha da espessura de isolamento a utilizar, pois um edifício com uma inércia fraca e com 100 mm de isolamento tem sensivelmente as mesmas necessidades energéticas que um edifício com inércia forte e 20 mm de isolamento.

3.4 Envidraçados

A influência dos envidraçados no desempenho energético dos edifícios depende da condutividade térmica do vidro que varia se o vidro utilizado é simples ou duplo (os valores de U não eram referidos, mas serão mais do dobro no caso do vidro simples quando comparado com o duplo), o tipo de caixilho é feito de madeira ou de metal e o dispositivo de oclusão nocturno oferece boa estanquidade. As necessidades térmicas de arrefecimento variam com o tipo de sombreamento utilizado, se é fixo ou móvel (cortinas, estores de lona ou venezianos, persianas ou portadas, que podem ser metálicas, plásticas ou de madeira), da sua cor e se está localizado no interior ou no exterior.

Na Figura 9, é possível verificar que a grande mudança ao nível das exigências energéticas ocorre quando se passa a utilizar vidros duplos em vez de vidros simples. Também é visível que para as caixilharias, a madeira é o material mais indicado.

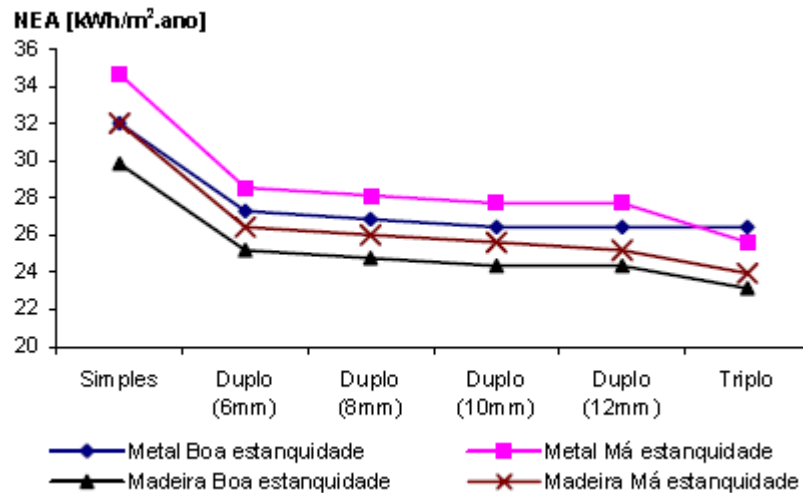


Figura 9 - Avaliação da eficiência energética dos diversos tipos de envidraçados, em função do tipo de caixilharia [6]

Onde:

NEA – Necessidades Energéticas de Anuais

Na Figura 10, é apresentada a eficiência relativa dos vários tipos de sombreamentos de acordo com a sua localização bem como a cor da respectiva protecção. As protecções situadas no exterior permitem uma poupança até 70% comparadas com as interiores, em que quanto mais clara a protecção maior é a redução das necessidades de arrefecimento.

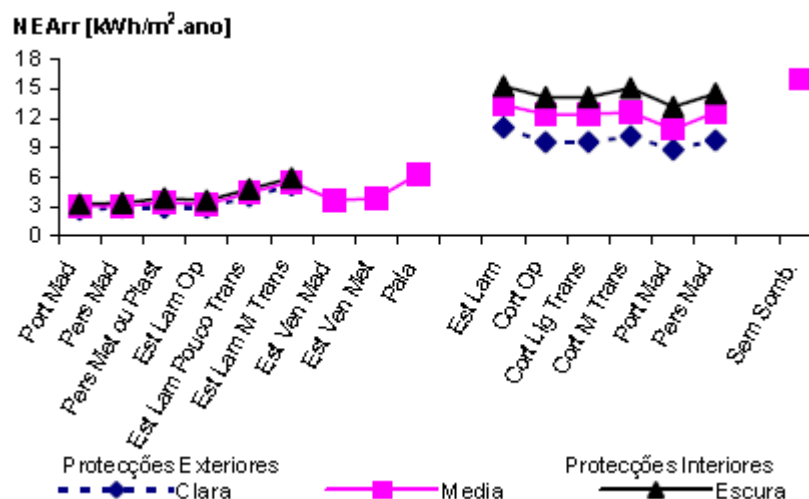


Figura 10 - Influência dos dispositivos de sombreamento, em função da cor (protecção exteriores e interiores e vidros duplos) [6]

Onde:

NEA – Necessidades Energéticas de Anuais

3.5. Arquitectura Bioclimática

Esta nova corrente da arquitectura, consiste em projectar edifícios tendo em conta as características do terreno, as condições climatéricas e um aproveitamento dos recursos naturais mantendo como objectivo o conforto térmico mas com consumos energéticos reduzidos. Esta forma de fazer arquitectura tem ganho bastante destaque pois é um desafio à criatividade e à inovação dos seus intervenientes, visto centrar-se na procura de soluções específicas para cada contexto e situação particular. Por ser uma área relativamente recente tem despertado grande interesse pois ainda há muito por descobrir e criar. Este processo, como é ilustrado mais à frente pode ser conduzido através de medidas simples que permitem o conforto térmico e sem gastos iniciais mais elevados. Um dos factores chave para o sucesso é a compreensão de que não existe uma solução milagrosa para todos os casos, mas sim um conjunto de mecanismos e soluções que devem ser combinados para obter um resultado satisfatório.

Portugal, fruto da sua localização, é um local bastante vantajoso para a prática da arquitectura bioclimática, pois tem um clima com uma exposição solar prolongada. No entanto, ainda existem algumas barreiras a ultrapassar para que esta nova forma de projectar edifícios, como a falta de sensibilização da sociedade portuguesa para a temática da sustentabilidade e a falta de qualificação a todos os níveis da força de trabalho. O estado português, no seguimento de programas comunitários aprovou em 2006, 3 decretos-lei (78, 79, 80/2006) que visam, em conjunto com a certificação de edifícios, impulsionar o crescimento desta nova área.

3.5.1 Soluções para arrefecimento no Verão

No Arquitectura Bioclimática podem ser aplicadas variadas soluções, para que na estação de arrefecimento a temperatura seja mantida a cerca de 25°C recorrendo o menor tempo possível a soluções que consumam muita energia, sendo algumas apresentadas de seguida.

Estratégias de Arrefecimento

- Orientação solar
- Sombreamentos exteriores
- Dimensionamento da área envidraçada
- Factor solar dos vãos envidraçados
- Inércia Térmica forte
- Ventilação
- Arrefecimento evaporativo

Sombreamento

Na Figura 11, é apresentado um exemplo da influência do sombreamento no aquecimento/arrefecimento de uma habitação onde é possível ver como incidem os raios solares e a direcção do fluxo de calor. Na parte superior da imagem é mostrada a situação de Inverno onde devido ao ângulo de incidência dos raios solares a habitação é aquecida pelos mesmos durante o dia e durante a noite o calor armazenado no pavimento do edifício é libertado. No Verão, devido ao sombreamento os raios solares não incidem directamente sobre os envidraçados o que evita que a habitação sobreaqueça. O sombreamento também pode ser feito de forma natural, utilizando árvores de folha caduca, que no Inverno folhas e permitem que os raios solares incidam na habitação, enquanto que no Verão devido à existência das folhas, oferecem maior protecção contra a radiação solar.

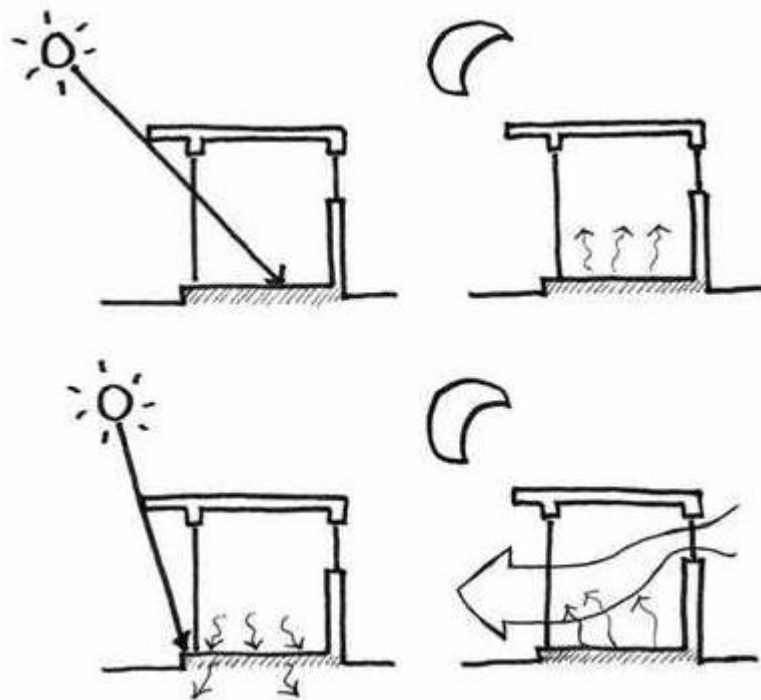


Figura 11– Influência do sombreamento no aquecimento/arrefecimento de uma habitação [7]

Arrefecimento evaporativo

Este tipo de arrefecimento ocorre, porque a evaporação é um processo endotérmico, o que significa que o ar tem que ceder calor para que a água se evapore. Este processo tem lugar quando um caudal de ar, nas condições iniciais T_1 , w_1 e h_1 , respectivamente temperatura de bolbo seco ($^{\circ}\text{C}$), humidade específica ($\text{kg}/\text{kg}_{\text{ar seco}}$, e entalpia ($\text{kJ}/\text{kg}_{\text{ar seco}}$) ao atravessar uma superfície permanentemente molhada, vê aquelas propriedades alteradas para T_2 , w_2 e h_2 . Na Figura 12, é possível ver como o processo referido num gráfico psicrométrico, onde no ponto A o ar está a uma temperatura de 30°C e tem uma humidade relativa de 20% enquanto que para o ponto B os valores são 18°C e 79%, respectivamente.

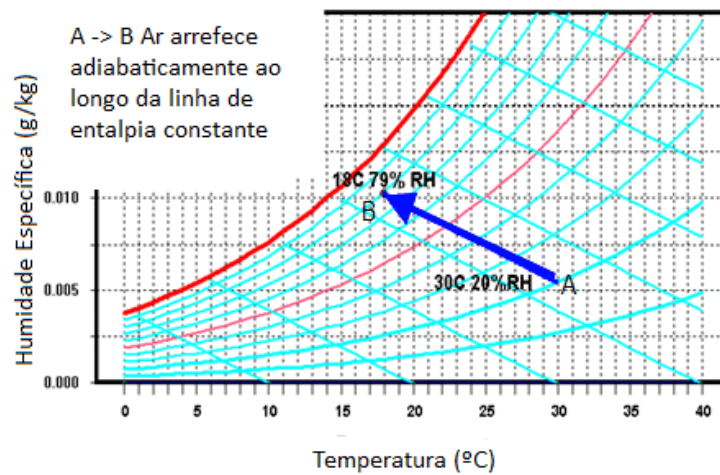


Figura 12- Arrefecimento Evaporativo num gráfico psicrométrico [8]

A temperatura T_2 tem um valor inferior a T_1 , desde que o ar à entrada não se encontre saturado. Na Figura 13, está esquematizado todo o processo descrito, em que a água é continuamente re-circulada por meio de uma bomba e distribuída através de um conjunto de aspersores sobre uma superfície cuja função é servir como meio de contacto entre o ar e água.

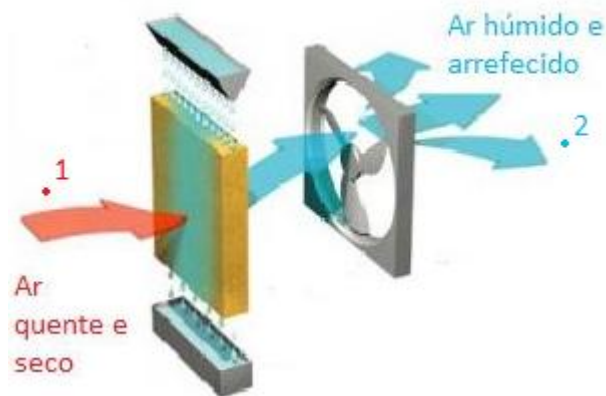


Figura 13- Processo de arrefecimento evaporativo directo [9]

Ventilação

Na Arquitectura Bioclimática a ventilação é também muito importante, visto que num clima temperado em termos de humidade e temperatura, pelo menos 1/3 do volume de ar [7] de cada divisão deve ser renovado a cada hora, de forma a assegurar um nível de conforto, qualidade do ar e de habitabilidade mínimo.

O movimento do ar aumenta as perdas de calor do corpo humano e como promove convecção forçada com as paredes, chão e tectos, ajuda a dissipar o calor. Existem muitas soluções para a ventilação que pode ser natural, cruzada ou mesmo uma chaminé solar, sistema este apresentado na Figura 14.

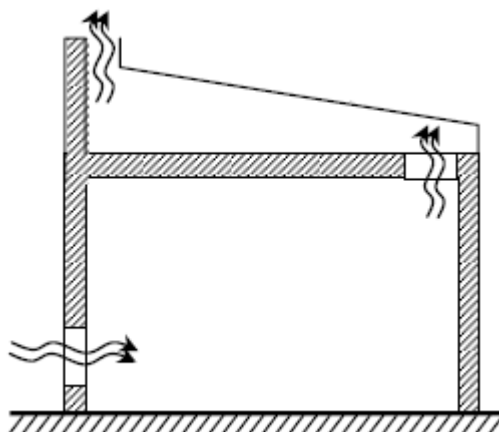


Figura 14- Sistema de chaminé solar na cobertura [10]

Existem cada vez mais soluções engenhosas, mas simples, como o aproveitamento da elevada massa térmica do solo, visto que a 5 metros de profundidade o solo tem uma temperatura anual praticamente constante de 15 °C.

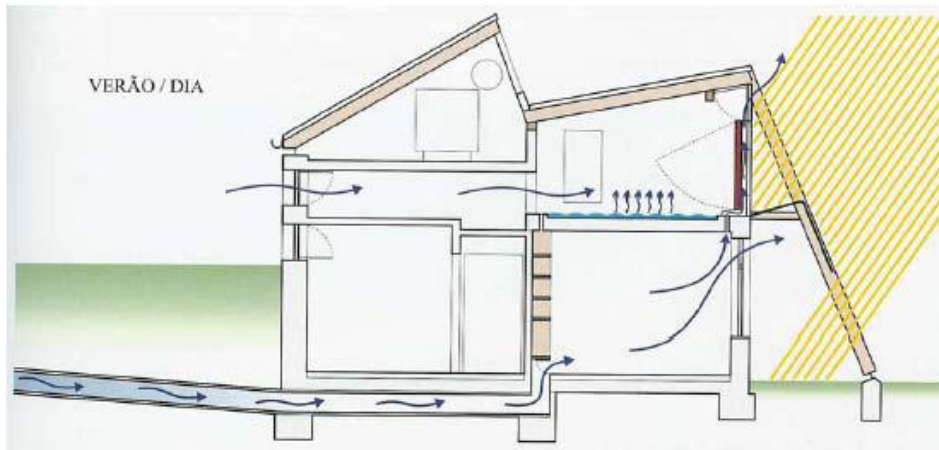


Figura 15- Esquema de funcionamento de um sistema de arrefecimento/ventilação durante um dia de Verão

Como a temperatura do ar é mais quente no Verão e mais fria no Inverno em comparação com a temperatura do solo, este sistema pode ser usado nas duas estações ajudando a ventilar e climatizar o edifício o ano todo.

3.5.2 Soluções para aquecimento no Inverno

No âmbito da Arquitectura Bioclimática existem diversas soluções utilizadas, para diminuir as necessidades energéticas de um edifício na estação de aquecimento, sendo algumas apresentadas de seguida.

Estratégias de Aquecimento

- Promoção dos ganhos solares
- Posicionamento dos espaços interiores
- Protecção dos Ventos dominantes
- Isolamento Térmico

Radiação solar

A radiação que uma habitação recebe depende de dois factores essenciais: o tempo de exposição e o ângulo de incidência dos raios solares. Na Figura 16, é possível ver a diferença da trajectória solar entre o solstício de Verão, situação onde a habitação fica exposta durante mais tempo à radiação solar e os raios solares incidem quase na vertical em oposição ao de Inverno.

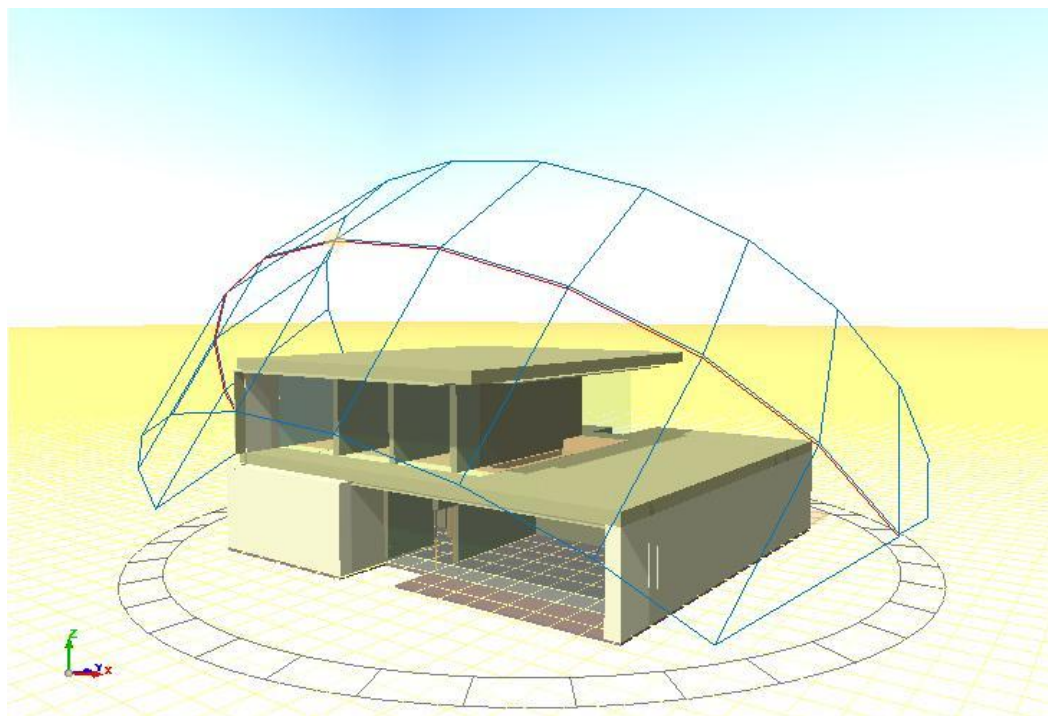


Figura 16– Trajectória solar no dia 22 de Setembro ao meio-dia solar, gerada no software Cypeterm

A energia solar recebida pode chegar de três modos diferentes: por radiação directa, difusa ou reflectida. A radiação directa é a forma de radiação mais intensa, a radiação difusa, é a radiação difundida em todas as direcções pelas moléculas de ar e por partículas que compõem a atmosfera, já a radiação reflectida, é a radiação proveniente da reflexão por outras superfícies. Num dia de céu limpo, a percentagem de radiação que chega ao solo é cerca de 50% da emitida pelo Sol, sendo a percentagem de radiação difusa baixa. No entanto, num dia com nuvens, a radiação difusa pode variar entre 10 a 100% da radiação que chega ao solo [7].

O ganho solar directo é a forma mais simples de se aproveitar a energia solar de forma passiva. Pode consistir, no caso de uma habitação, num conjunto de janelas orientadas a Sul, que no Inverno permitem um ganho solar considerável e que no Verão, em virtude da posição mais elevada do Sol na sua trajectória, e de um eventual sombreamento sobre a janela que impede o sobreaquecimento da habitação.

Captação Solar

A energia solar é considerada um dos pilares da arquitectura bioclimática. Desde sempre o Sol constituiu um ponto central na vida do ser humano, sendo que as habitações eram construídas tendo em vista o ciclo solar, de forma a otimizar o efeito térmico, a higiene e os efeitos psicológicos a si associados.

Um sistema solar passivo para aquecimento ou arrefecimento pode ser definido como aquele em que as trocas de energia térmica se fazem por meios naturais. Esta definição simples permite a inclusão de sistemas em que o isolamento, por exemplo, é movido manualmente ou através de mecanismos, eléctricos ou manuais, uma ou duas vezes ao dia. Estes sistemas são maioritariamente utilizados no Inverno, para ajudar a combater as perdas térmicas, aumentando o conforto térmico sem necessidade de serem utilizados sistemas activos para climatizar.

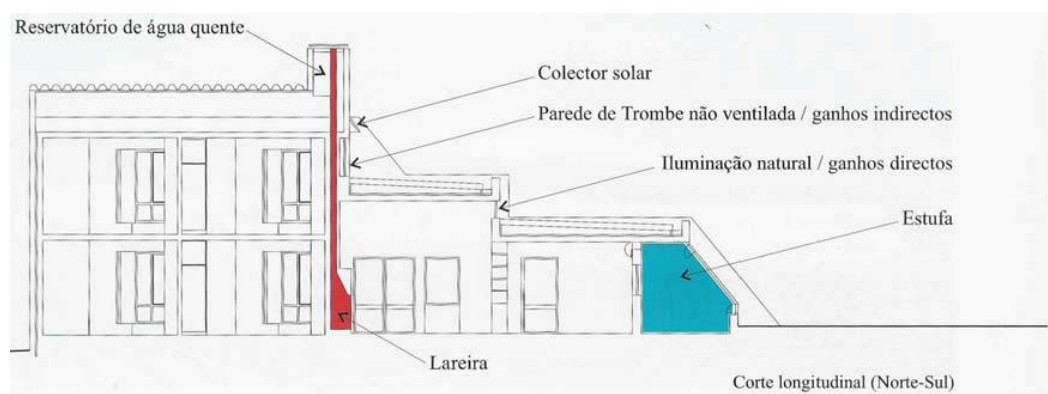


Figura 17– Exemplos de mecanismos de captação solar [7]

Os sistemas de captação de energia solar podem ser definidos por dois parâmetros: eficiência, que é definida pela relação entre energia retida e energia incidente, e o atraso que é

definido pelo tempo entre o armazenamento da energia e a sua libertação. Os sistemas de retenção classificam-se de directos, indirectos e semi-directos. Nos directos, como no caso das janelas comuns, o Sol penetra directamente no edifício através do vidro, conseguindo-se eficiência máxima e atraso mínimo. Nos semi-directos, a energia solar passa por um espaço intermédio onde o calor que transita para o interior pode ser controlado. Nos indirectos, para reter a energia solar recorre-se ao efeito de estufa. Um dos casos mais conhecidos que usa o efeito de estufa é a parede de Trombe que é constituída por um vidro exterior orientado a Sul, uma caixa-de-ar e um muro de grande inércia térmica, (normalmente em betão, pedra, ou tijolo maciço). A radiação solar de comprimento de onda curto atravessa o vidro e aquece o muro, produzindo-se o já referido efeito de estufa. Já a radiação emitida pelo muro, com um comprimento de onda longo, não pode voltar a atravessar o vidro, aquecendo o ar que há na caixa-de-ar e assim o muro vai acumulando calor que, sem outra alternativa, o liberta para o interior da habitação. O muro aquece durante o dia enquanto a radiação solar incide sobre si e liberta o calor durante a noite, justamente quando o mesmo é mais necessário.

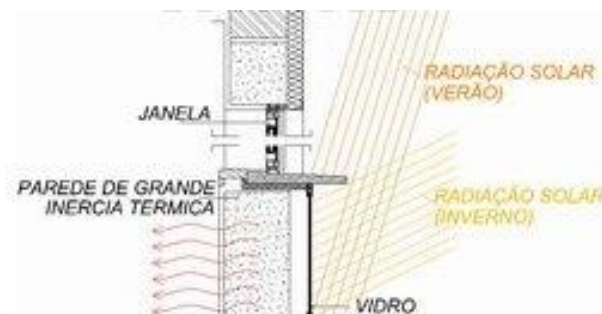


Figura 18- Esquema do funcionamento de uma parede de Trombe [10]

3.6 Conforto térmico humano

O Conforto térmico é definido pela sensação de bem-estar, relacionada com a temperatura. Significa que à temperatura corporal normal (36.5°C), a taxa de produção de calor é igual à taxa de perda. O equilíbrio da temperatura corporal depende de sete factores. Três dos quais dependem do próprio indivíduo: metabolismo, temperatura da pele e da roupa utilizada.

Os quatro restantes são factores ambientais tais como: temperatura do ar, temperatura à superfície dos elementos no local envolvente, humidade relativa e a velocidade do ar.

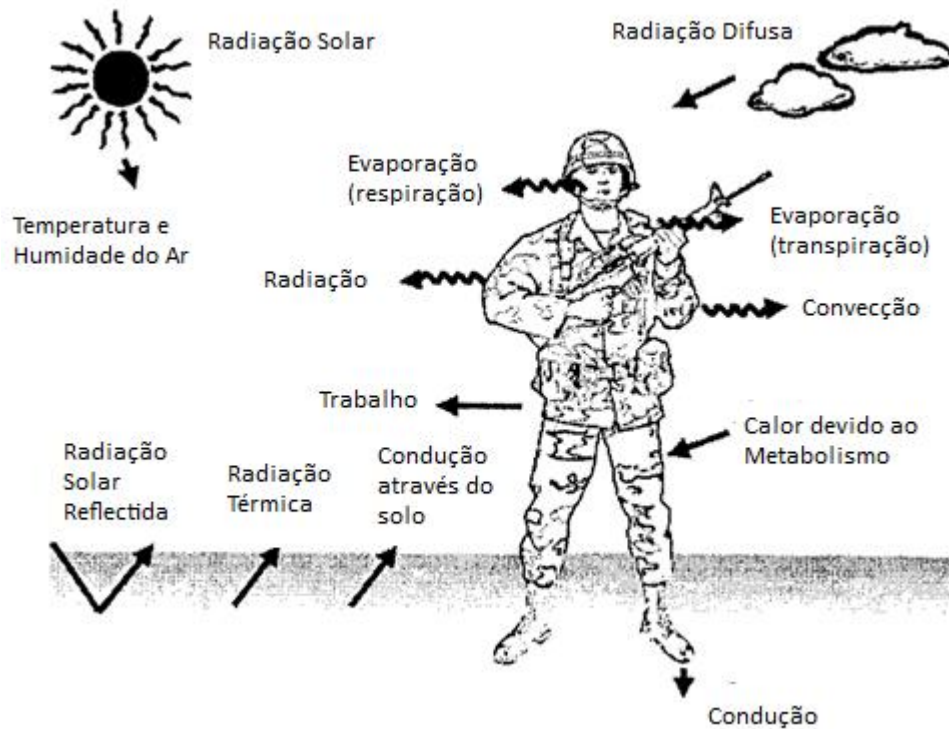


Figura 19– Factores que afectam o equilíbrio térmico

Actualmente, existem normas internacionais no que toca ao conforto térmico que definem os diferentes parâmetros apresentados na Figura 19, sendo estas normas utilizadas a uma escala global. As mais utilizadas são a ASHRAE 55-92 (1992) e a ISO 7730 (1994) [7]. No entanto, estes modelos consideram que o conforto térmico é somente resultante de variáveis físicas e fisiológicas, e prevêem as condições de conforto a um nível global, o que leva a que os critérios de conforto sejam os mesmos quer se trate de um edifício num país frio ou num país quente.

Porém, sabe-se que os critérios de conforto não só variam de pessoa para pessoa, como ainda mais de povo para povo e de clima para clima. Existem, inúmeros estudos sobre algoritmos adaptativos que consideram também o comportamento adaptativo dos ocupantes dos edifícios – quer em termos de acções físicas, quer em termos de adaptação psicológica (como expectativas), relacionando ambos os factores com o contexto climático. Exemplos desses

métodos adaptativos, são ANSI/ASHRAE Standard 55 2004, e o EN 15251:2007 - Estudo SCATs [11]. O critério de conforto resultante da aplicação de algoritmos adaptativos é bem mais flexível e realista que os critérios convencionais.

3.6.1 Gráfico psicrométrico de Givoni

O gráfico psicrométrico de Givoni, define uma área de conforto a partir da qual, é possível definir estratégias de projecto passivo de modo a criar condições para o conforto térmico. A representação mensal do clima local é feita por linhas a preto que correspondem à união entre pontos que representam as temperaturas máximas e as mínimas. No eixo das abcissas encontra-se a temperatura de bolbo seco ($^{\circ}\text{C}$), no eixo das ordenadas a humidade específica que é expressa como uma razão de quilogramas de vapor de água por quilograma de massa de ar húmido.

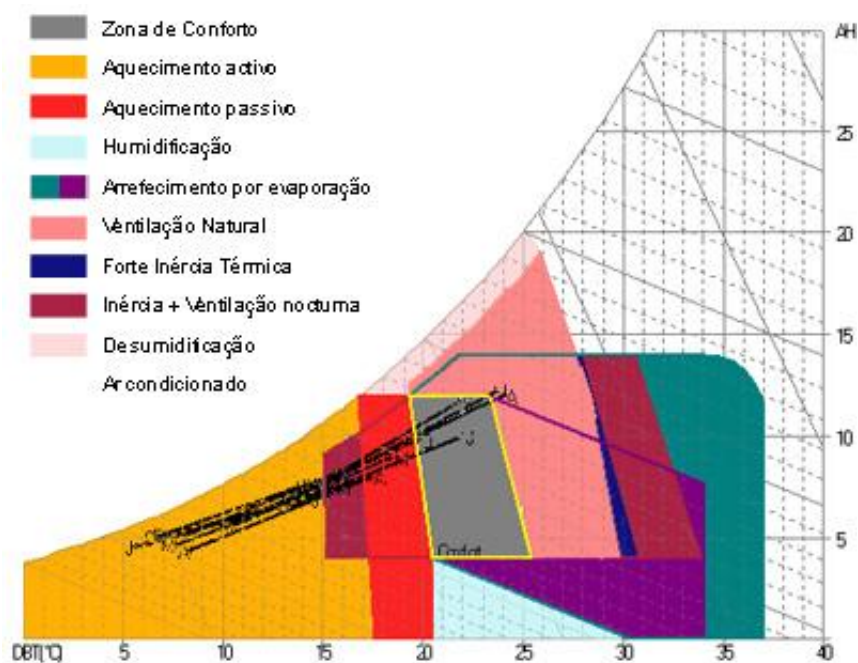


Figura 20- Diagrama psicrométrico da cidade do Porto [12]

4. Fontes Energéticas

As fontes de energia utilizadas para manter os sistemas de climatização em funcionamento representam uma fatia muito substancial do gasto anual que cada sistema tem. Devido ao actual clima de instabilidade económica, torna-se essencial fazer uma análise detalhada dos preços actuais, sendo esta análise essencialmente do tipo fundamental, assente numa perspectiva macroeconómica, onde se tenta prever onde os mesmos se vão situar num curto/médio prazo, pois enquanto uns se poderão manter praticamente constantes outros poderão sofrer uma subida vertiginosa.

Escolha de combustíveis

Esta escolha vai depender de diferentes factores tais como:

- A dependência energética do país relativamente a esse combustível
- A implantação da casa e a sua acessibilidade
- A disponibilidade da energia desejada (por ex.: ligação do bairro ao gás natural)
- O preço das energias disponíveis
- O tipo de aquecimento
- A segurança
- As considerações ambientais

Neste trabalho, o preço dos combustíveis e as considerações ambientais serão aqueles factores que vão ser tratados com mais pormenor, pois os restantes supra-referidos afectam o preço directa ou indirectamente, sendo este dependente dos mesmos.

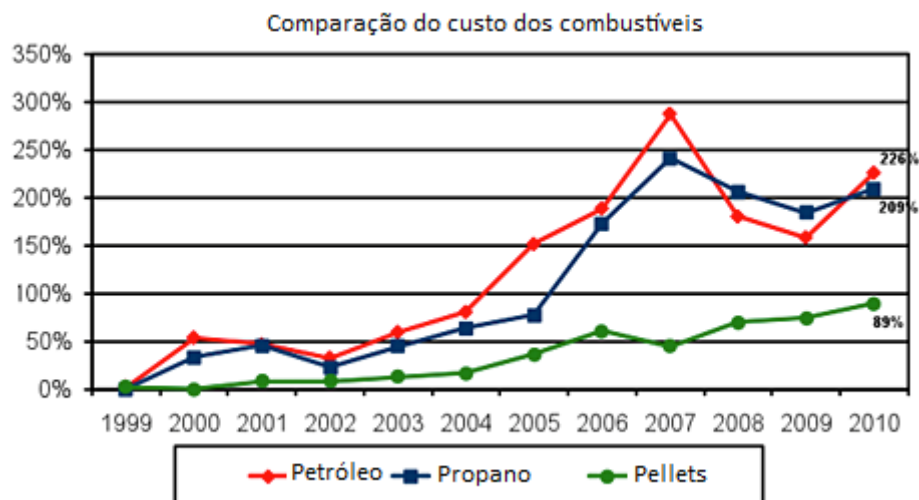


Figura 21- Evolução em percentagem do preço do barril de crude, do propano e dos pellets antes de impostos [13]

Apesar, de os valores apresentados na Figura 21, serem bastantes elevados não será expectável que se repitam na próxima década pois a inflação bem como o crescimento económico a nível mundial será um pouco mais comedido, que tem como consequência directa que o aumento na procura de fontes energéticas seja menor.

4.1 Pellets

O nome pellets, vem do formato cilíndrico que tem e pode ser encontrado noutros produtos como fertilizantes ou rações de animais. São uma energia de fonte renovável pertencente à classe da Biomassa, e são geralmente produzidos a partir de resíduos de madeiras, que depois de secar são comprimidas, não necessitando de qualquer aglomerante sendo por isso 100% natural. As suas dimensões variam entre os 6 e 8 mm de diâmetro e os 10 a 40 mm de comprimento.

Apesar de, actualmente os pellets serem um combustível barato, o facto de apenas as madeiras com maior poder calorífico serem aconselhadas pode levar a que o preço aumente de forma acentuada, pois a procura de madeiras no mundo tem sofrido um aumento. Este facto pode levar a que países em desenvolvimento encontrem na produção de pellets mais um motivo

para acelerar o processo de desflorestação, porque se a ideia inicial era utilizar resíduos para a produção de pellets, tal não será possível pois a procura não será satisfeita.

Os pellets como biomassa, produzem na sua queima CO_2 que é enviado para a atmosfera, mas como este combustível é absorvido em igual proporção à sua posterior emissão, pelas plantas que dão origem ao combustível, o balanço das emissões de CO_2 resultante da queima de biomassa é quase nulo, chamando-se a este processo o ciclo do carbono.

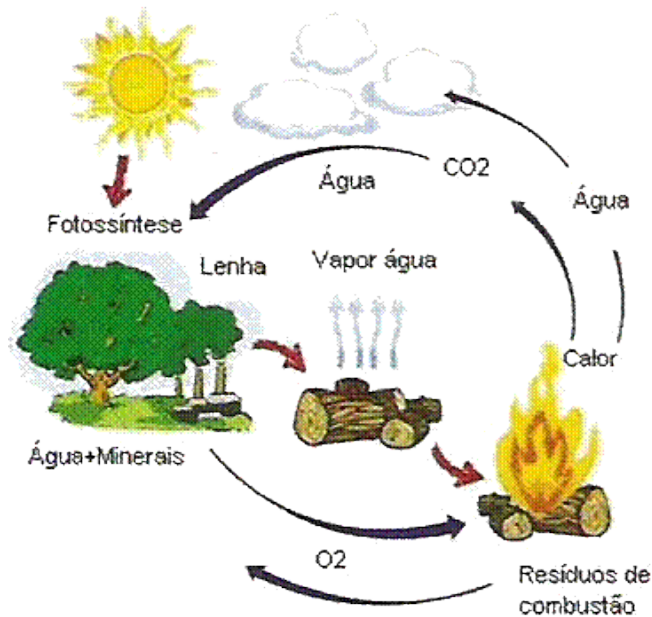


Figura 22- Ciclo curto do carbono [14]

A ideia de que os pellets sejam neutros em CO_2 , não corresponde à realidade pois o húmus que deixa de existir no chão, é também um acumulador de CO_2 , logo mais CO_2 será enviado para a atmosfera. A combustão dos pellets produz uma cinza que não é orgânica, e que tem que ser tratada como lixo tóxico, por ser bastante prejudicial para a saúde [15].

O preço dos pellets varia muito consoante a sua qualidade, variando também o poder calorífico, a zona de país onde são vendidos ou a quantidade comprada que pode variar dos sacos de 15 kg até várias toneladas. A qualidade dos pellets, pode variar muito por isso é aconselhável procurar um produto que esteja conforme *IS CEN/Technical Specification 14961:2005 Solid biofuels – Fuel specifications and classes (Table 5.)* [16]. Algumas das características mais importantes são:

- Tamanho: deve ser entre 6 e 8 mm de diâmetro e o comprimento cerca de 3-4 vezes maior que o diâmetro.
- Teor de humidade: deve estar entre 10-20%.
- Teor de cinzas: pellets de boa qualidade têm um teor de cinzas muito baixo, menor que 0,7%.
- Durabilidade mecânica: esta é uma medida de quão bem os pellets aguentam o manuseamento. Após o manuseamento, uma média de 97,5 em 100 deve manter a sua integridade estrutural.
- Massa volúmica aparente: os pellets devem ter uma massa volumica aproximada de 650 kg/m³.
- Dissolução em água: quando mergulhados em água, os pellets de boa qualidade dissolvem-se facilmente.

O preço médio em Portugal para um produto de boa qualidade situa-se por volta dos 0,23€/kg e é este valor que vai ser considerado o ponto de partida.

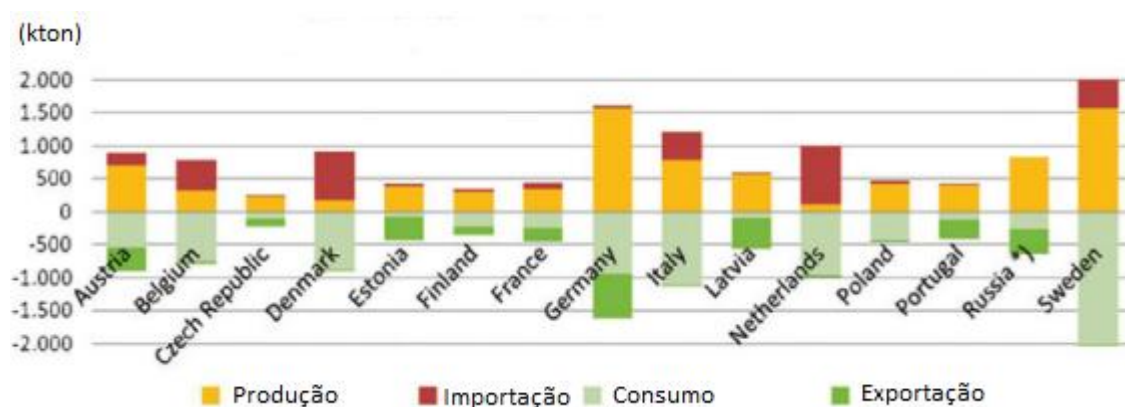


Figura 23- Mercado de pellets na Europa [17]

Portugal, é um produtor de pellets de elevada qualidade e como é possível ver no gráfico acima, é um país que exporta a maior parte das pellets que produz, sendo estes enviados maioritariamente para Itália por via marítima. Estima-se que a procura de pellets a nível mundial sofra uma aumento anual de 10%, sendo a Rússia, América do Sul e o Sudeste Asiático os principais fornecedores que suportarão esta subida. Apesar, de o comércio ser feito numa escala global, o comércio internacional de pellets é bastante regional comparado o consumo total pois o

seu transporte é bastante caro em relação à energia que conseguimos extrair dos mesmos. Apesar, de um previsível aumento da procura os preços têm seguido uma tendência de homogeneização como é possível ver na Figura 24 Evolução do preço de pellets em alguns países europeus



Figura 24 Evolução do preço de pellets em alguns países europeus [17]

Posto isto, pode-se concluir que o preço dos pellets tem vindo a estabilizar, podendo verificar-se um pequeno aumento resultante de subida do custo do processo de secagem e transporte deste combustível, pois nestes processos são utilizados combustíveis fósseis. Considerando os dados anteriores, e esperando um aumento da procura é expectável um aumento na ordem dos 20% ao longo dos próximos 10 anos.

Anos	Preço
1	0,230
2	0,235
3	0,239
4	0,244
5	0,249
6	0,254
7	0,259
8	0,264
9	0,269
10	0,275

Aumento anual estimado
2%

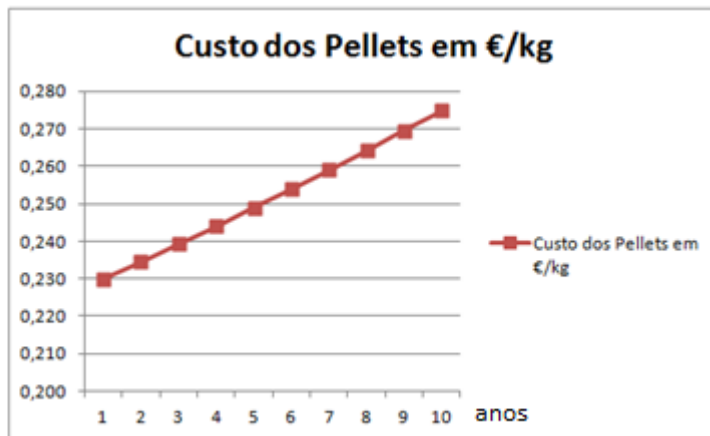


Figura 25- Previsão dos custos dos pellets em €/kg

4.2 Gasóleo de Aquecimento

É um líquido de baixa viscosidade, que é obtido na destilação do crude, produto ao qual são posteriormente adicionados aditivos, entre os quais um que lhe confere uma cor avermelhada para ser de fácil distinção de outros tipos de gasóleos. Este combustível para aquecimento é utilizado em caldeiras industriais, comerciais ou domésticas.

Este combustível tem na sua composição química componentes perigosos, tanto para o ambiente como para o ser humano, devendo-se evitar a sua ignição e derrame bem como qualquer contacto com a pele, ingestão ou inalação do mesmo.

Como qualquer combustível fóssil, na sua queima emite gases nocivos para a atmosfera como o CO e o NO_x.

O preço do gasóleo de aquecimento é afectado por vários factores sendo o mais importante o preço do crude.

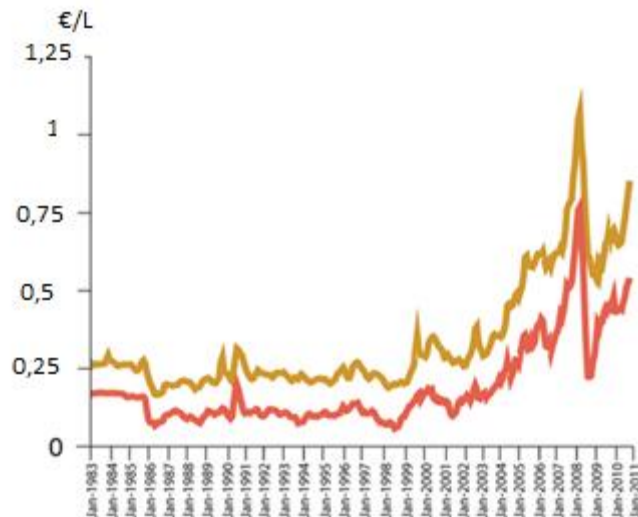


Figura 26- Relação entre o preço do gásóleo de aquecimento e o barril de crude antes de impostos [18]

Onde:

gásóleo de aquecimento (cor dourada)

crude (cor rosa)

A procura continuará a aumentar, e apenas a Arábia Saudita tem alguma margem de manobra na sua produção, haverá uma forte pressão sobre o preço do petróleo. Porém, o contínuo avanço das energias renováveis e o preço cada vez mais competitivo que apresentam, pode representar um factor importante que retarde a subida do preço do petróleo até aos mínimos atingidos no 1º trimestre de 2009. Na Figura 27, é observável que o preço do crude mantém uma taxa de subida constante a longo prazo, sendo provável que atinja os máximos verificados em 2008 no início de 2013. Também se confirma a grande dependência do barril de crude, pois nem depois dos preços atingidos em 2008 o volume de barris negociados teve uma queda significativa.

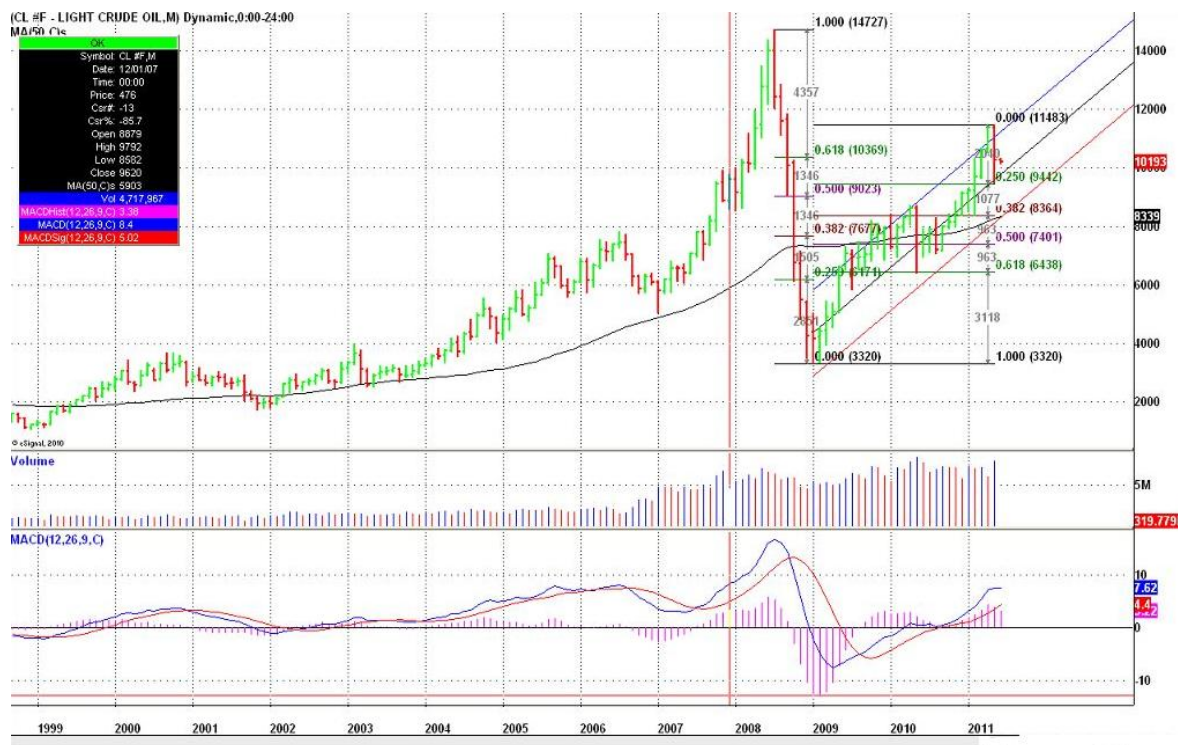


Figura 27- Previsão para o preço do barril de crude [19]

Como é possível ver na Figura 288, outro dos factores cruciais é a taxa de câmbio USD/EUR, porque o crude é negociado em dólares americanos nos mercados internacionais e Portugal adquire o mesmo em euros. Depois, de mínimos históricos em Maio de 2010, onde cada euro valia cerca de 1,19 dólares americanos, o euro tem vindo a recuperar chegando a cotar-se nos 1,48 dólares americanos. Com a incerteza económica que reina na União Europeia e que não se avizinha de fácil resolução é bastante provável que o euro sofra uma pequena desvalorização o que significa que a valorização do preço em euros será menor do que em dólares americanos.

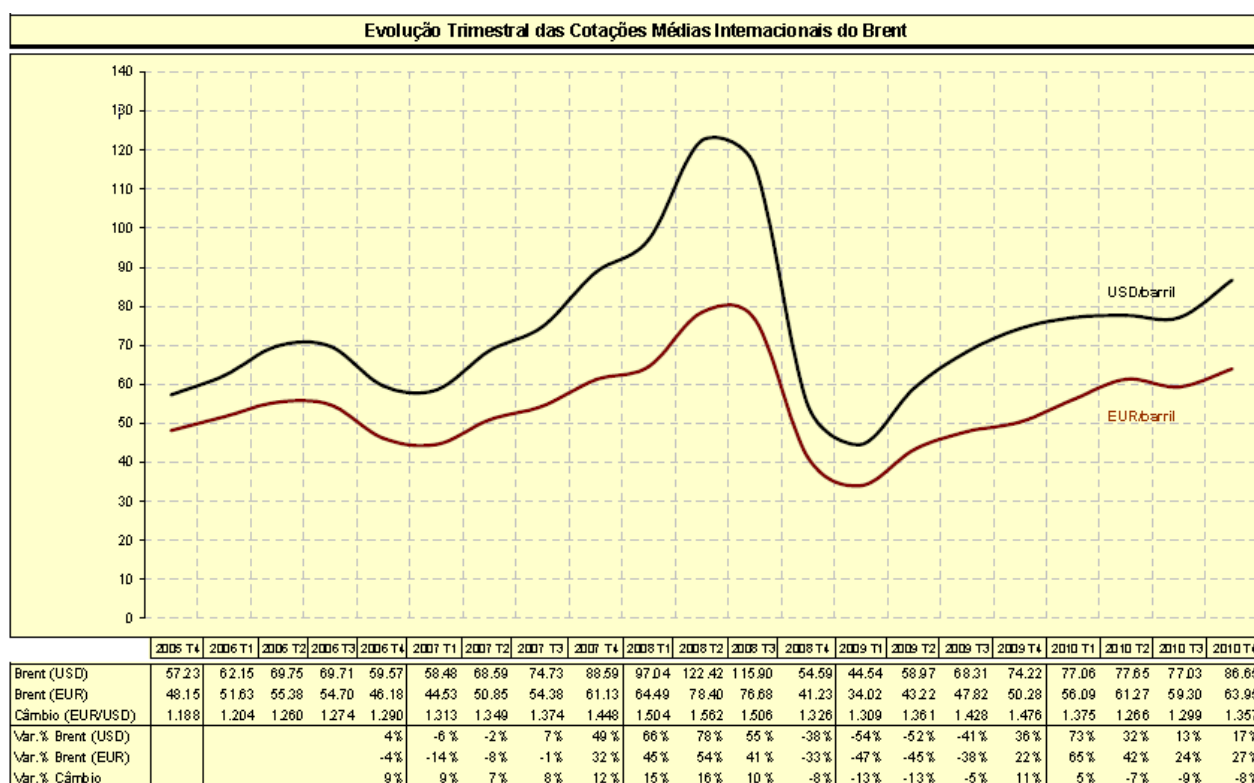


Figura 28- Influência da taxa de câmbio EUR/USD no preço do barril de crude [20]

Tendo em conta as previsões para o preço do barril de crude e a taxa de câmbio EUR/USD, é de esperar que o aumento do preço seja menor do que o verificado na última década, visto que hoje em dia a competitividade entre as fontes energéticas aumentou. Mesmo assim, é de esperar que o preço do barril de crude chegue perto dos 200 dólares ou mesmo o ultrapasse o que ditará um aumento do gasóleo de aquecimento na ordem dos 80% do preço actual.

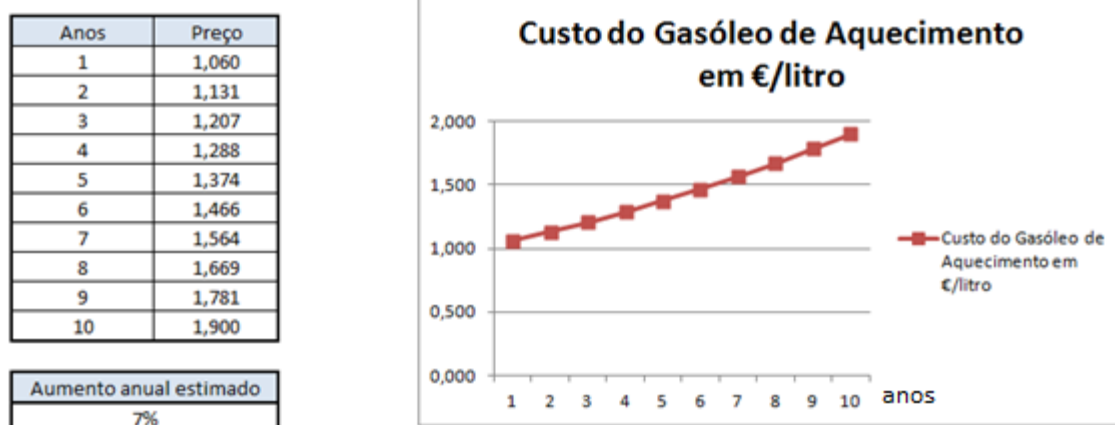


Figura 29- Previsão do custo do gásóleo de aquecimento em €/litro

4.3 Gás Natural

O gás natural é composto por uma mistura de hidrocarbonetos sendo extraído do subsolo e tem o metano como principal componente ultrapassando os 70% em volume. A origem deste gás é fóssil sendo o resultado da decomposição de matéria orgânica e existem vastas reservas deste combustível sendo a Rússia líder neste aspecto [21].

Este gás tem a vantagem de na sua queima ser menos poluente que produtos derivados do petróleo, dispensar armazenamento no local de consumo e no caso de existir uma fuga, como é menos denso que o ar, rapidamente se verifica um escoamento ascensional. Devido a um aditivo que lhe confere um odor característico, que em caso de fuga pode ser rapidamente detectada.

Portugal, importa todo o gás natural que consome, sendo o maior fornecedor a Sonatrach a partir da jazida em Hassi R'Mel na Argélia, sendo o transporte feito por gasoduto através de Espanha, entrando em território nacional em Campo Maior. A partir de 2003, entrou em funcionamento o terminal de Sines onde chega o gás natural liquefeito (GNL) por via marítima, sendo este combustível importado principalmente da Nigéria.

Segundo o administrador da petrolífera Partex António Costa da Silva, Portugal tem ao largo da costa do Algarve reservas que permitiriam cobrir as necessidades desse combustível por 15 anos, mas devidos a vários impasses que se tem arrastado ao longo dos anos não é crível

que nos próximos anos essa mesma bacia comece a ser explorada, por isso a sua possível influência no preço do gás natural vai ser ignorada [22].

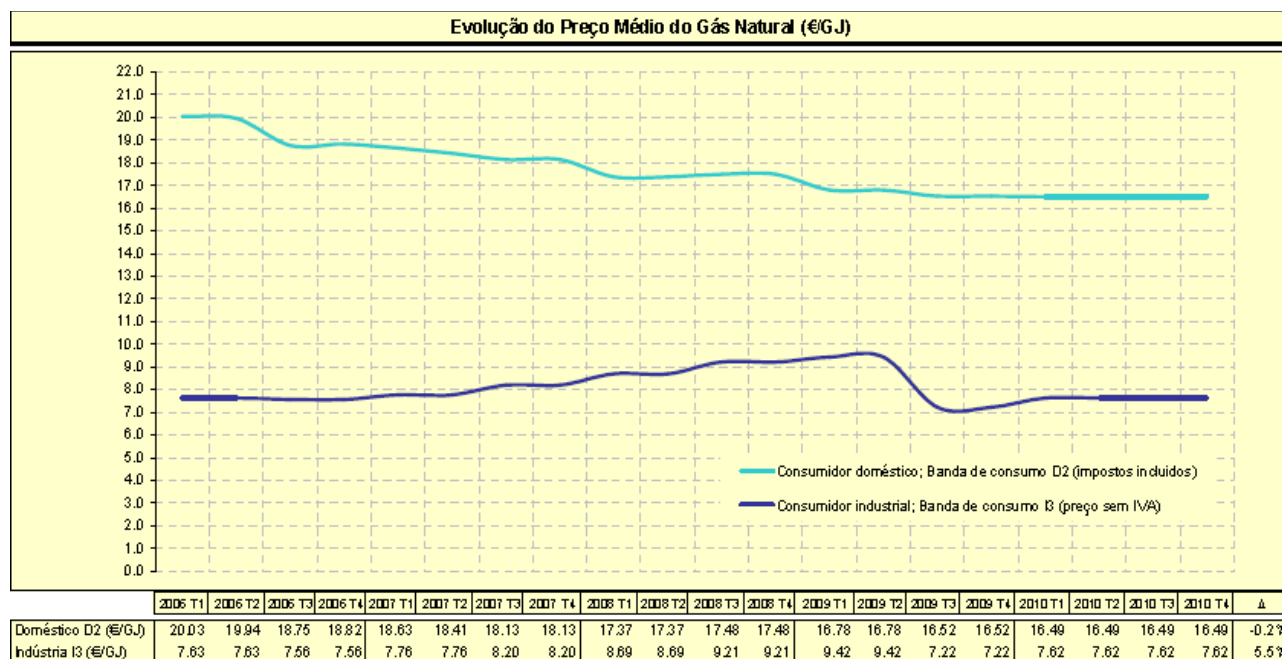


Figura 30– Evolução do preço médio do gás natural [20]

Um dos factores que vai alterar drasticamente o preço do gás natural é a anunciada subida da taxa do IVA de 6% para 23%. Até agora e como podemos ver Figura 30, o preço do gás natural tem-se mantido aproximadamente constante. Mas, a partir de Outubro de 2011 a tarifa deixou de ser regulada pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos) e passou a ser um mercado livre que corre o risco de sofrer uma aparente cartelização, semelhante à ocorrida na liberalização do mercado da gasolina e gasóleo. Neste combustível, a procura no sector residencial é bastante alterada pela sazonalidade, verificando-se um maior consumo no Inverno.

A par de um expectável aumento dos consumos domésticos e industriais, por via da extensão das redes de distribuição de gás natural (fruto de um programa de investimentos em curso), o consumo de gás natural pelo sector eléctrico nas grandes centrais aumentou significativamente de 2003 em diante, com a entrada em serviço de uma nova central de ciclo combinado a gás natural no Carregado. Com a construção do terminal de GPL, foi possível diversificar a oferta desta fonte de energia, pois até então havia uma grande dependência do gás natural proveniente do Magrebe. Isto permite evitar que os preços subam muito e armazenar gás em períodos de preços mais baixos. O principal motor do crescimento deste mercado é o sector

eléctrico. Apesar de nos últimos anos o preço ter sido aproximadamente constante agora, com esta nova realidade económica que o país atravessa, bem como as condições do mercado interno é de prever que este combustível sofra um ligeiro aumento, tendo em Julho aumentado 3,9%, segundo a ERSE.

Anos	Preço
1	0,064
2	0,066
3	0,068
4	0,070
5	0,072
6	0,074
7	0,076
8	0,078
9	0,080
10	0,082

Aumento anual estimado
3%

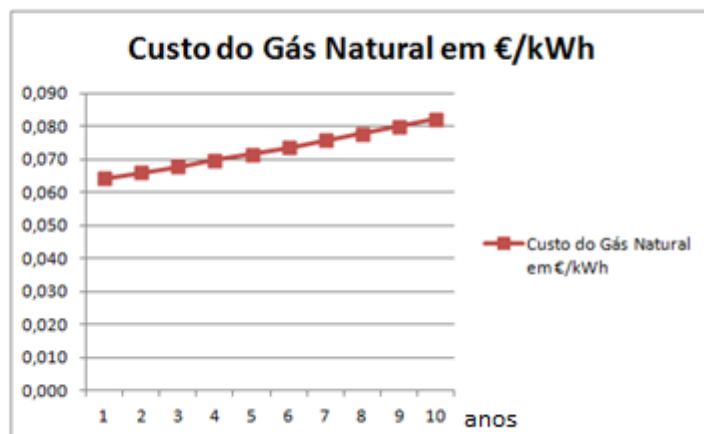


Figura 31- Previsão do custo do Gás Natural em €/kWh

Levando todos os factores supra-referidos em consideração é razoável considerar um aumento anual na ordem dos 3% ao longo dos próximos 10 anos. Grande parte deste aumento é suportado pelo aumento do IVA dos 6 para os 23%, sendo que o restante é quase integralmente atribuído às possíveis consequências de um mercado liberalizado.

4.4 Butano/Propano

Estes dois gases são hidrocarbonetos, nome genérico para compostos binários de carbono e hidrogénio. As suas cadeias são compostas apenas por ligações simples e os pontos de fusão e de ebulição aumentam com o aumento do número de átomos de carbono. O propano tem como fórmula molecular C_3H_8 e o butano C_4H_{10} . A sua utilização tem vindo a decrescer com a amplificação da rede de gás natural sendo maioritariamente usados para a produção de águas quentes sanitárias. O preço actual é de 1,88 €/kg para o Butano numa garrafa tradicional de 13 kg e de 2,08 €/kg para o Propano numa garrafa de 45 kg. Por ser um produto derivado do petróleo, o preço de ambos depende directamente da cotação do barril de crude. Como podemos ver na Figura 32, até o pico do preço atingido em Maio de 2008 é coincidente bem

como a rápida desvalorização que se seguiu, até à valorização mais moderada que ocorreu nos 2 anos que se seguiram.

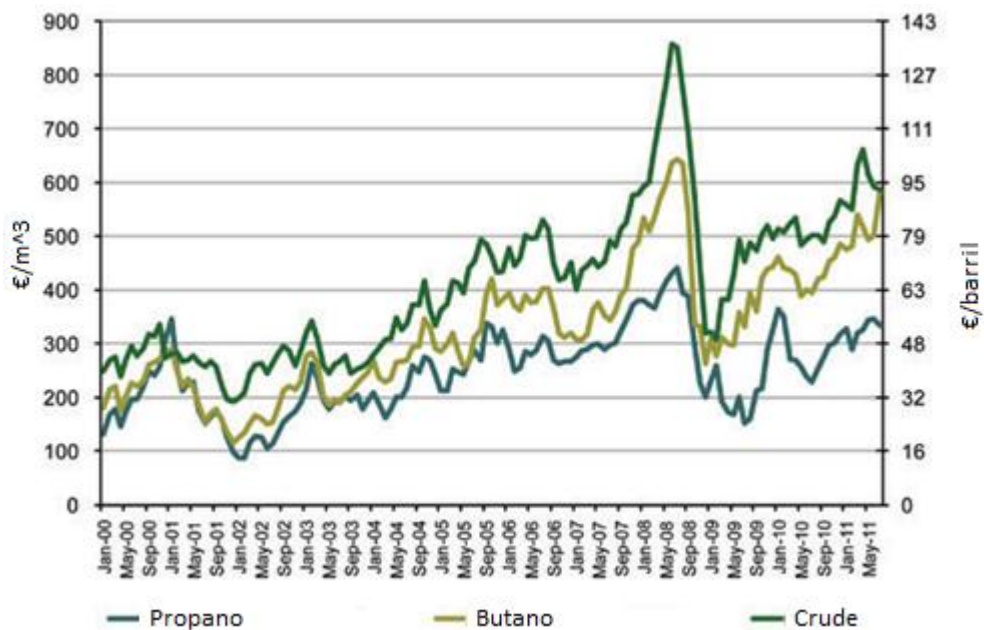


Figura 32– Evolução do preço do propano e do butano sem impostos[23].

Em consequência de os destilados do petróleo terem as mesmas variações na sua cotação que o preço do barril de crude, é de esperar que o preço do butano e do propano aumente na mesma proporção que o gasóleo de aquecimento, ou seja foi estimada uma valorização anual de 7%.

Anos	Preço
1	1,880
2	2,012
3	2,152
4	2,303
5	2,464
6	2,637
7	2,821
8	3,019
9	3,230
10	3,456

Aumento anual estimado
7%

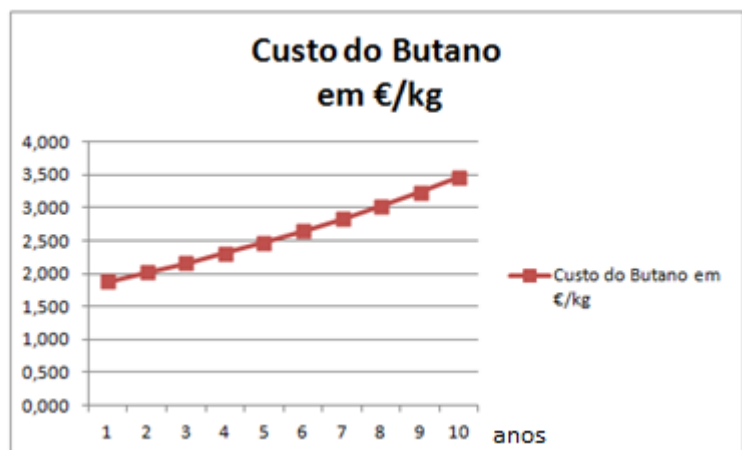


Figura 33- Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kg



Figura 34 Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kg

4.5 Electricidade

A electricidade é a segunda forma de energia final com maior consumo em Portugal, com 22.8% do total, mas é a mais utilizada no sector doméstico e de serviços [4]. Esta pode ser utilizada para produzir calor através do efeito de Joule nas resistências eléctricas, em bombas de calor ou equipamentos de ar condicionado que tanto podem aquecer como arrefecer o meio ambiente. A vantagem das bombas de calor, prende-se com o facto permitirem em média triplicar o rendimento (COP 3) e assim poupar um valioso bem que é a energia e assim contribuir para a redução do desequilíbrio da balança comercial portuguesa.

A REN é a entidade concessionária da rede nacional de distribuição em alta e média tensão, em Portugal. As principais empresas de comercialização em Portugal são a EDP Comercial, a Endesa, a Iberdrola e a Unión Fenosa.

No final de 2012, as tarifas da electricidade deixam de ser reguladas e o mercado passa a ser inteiramente liberalizado, situação que até então não se verificava. Esta medida, em conjunto com o défice tarifário que ocorreu nos últimos anos, pode levar a um aumento muito significativo dos preços. Segundo a Figura 35, cada português 'deve' à EDP cerca de 176 euros.

$$\frac{1759000000\text{€}}{10000000 \text{ habitantes}} = 176\text{€/habitante}$$

Este défice, resulta principalmente do aumento do preço do petróleo em 2008, enquanto que o preço da electricidade se manteve praticamente constante. Esta disparidade de valores vai obrigatoriamente ter uma repercussão no preço da electricidade, pois a mesma tem de ser anulada. Como a maior parte da energia eléctrica produzida em Portugal provém de fontes de energia não renovável, como o petróleo, o carvão e o gás natural, e o preço destes bens tem tendência a aumentar, este será mais um factor que impulsionará o preço da electricidade. Outro factor que pode ter um papel de algum relevo será uma possível massificação dos carros eléctricos e o seu impacto na rede eléctrica nacional. Mas que devido ao clima de instabilidade que se vive e imediata subida do preço da electricidade, este crescimento não deverá ter nos próximos anos uma implementação tão rápida no mercado como se vaticinava, logo a sua influência no preço da electricidade não deverá ser muito importante, visto que este estudo tem como principal objectivo os próximos 10 anos.

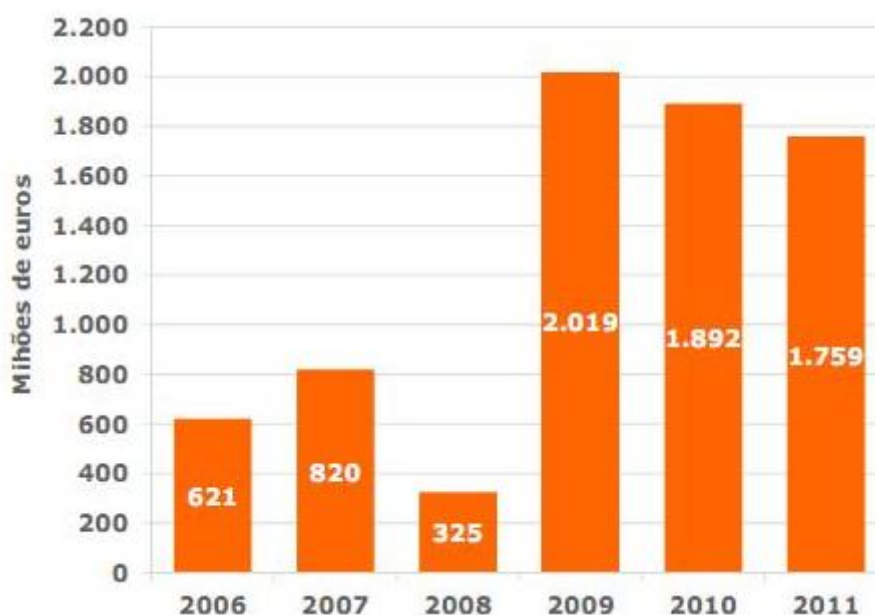


Figura 35 – Défice tarifário existente no sector da electricidade [24]

O PNAER (Plano de Nacional Acção para as Energias Renováveis), prevê um grande investimento nas energias renováveis até 2020. A sua implementação implicará investimentos que poderão não ser possíveis tendo em conta o actual clima económico e também implicaria

grandes custos para o cliente final, pois é sempre reflectido na factura final o custo de integração das energias renováveis. Segundo um estudo do BPI [24], em 10 anos a diferença entre o cenário PNAER, um cenário intermédio onde se reduz o montante investido em 6 mil milhões de euros e um cenário de investimento mínimo onde o investimento apenas cobre o aumento das necessidades energéticas é muito significativo, sendo que as diferenças entre estes cenários são apresentadas na Figura 36. Este estudo mostra apenas o aumento de uma parcela do custo total da electricidade para o consumidor final, pois ainda há que somar o défice tarifário e as possíveis consequências da liberalização do mercado e a subida do IVA. Outros factores que influenciam o preço são custos de decisão política, nos quais se encontram os CMEC (remuneração garantida dos geradores), os custos com a PRE (produção em regime especial) que são os incentivos dados à produção de renováveis e co-geração, o que aumenta o custo médio face às centrais convencionais., a garantia de potência, as rendas aos municípios e a convergência com as Regiões Autónomas.

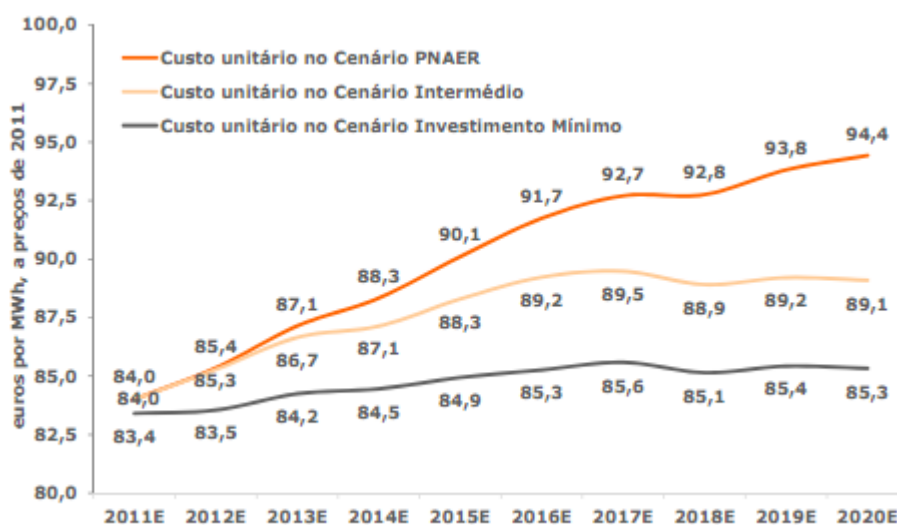


Figura 36- Comparação das diferentes estratégias de investimento

A DGEG (Direcção Geral de Energia e Geologia) indica que em Portugal cada alojamento tem um consumo de energia eléctrica na ordem dos 2600 kWh/ano. Se consideramos que existe uma média de 3 indivíduos por alojamento temos:

$$\frac{2600}{3} = 867 \frac{kWh}{pessoa.ano}$$

Levando em consideração que o défice tarifário será em grande parte suportado pelo sector residencial (pois os grandes consumidores tem maior poder negocial) e um custo da electricidade de 0,15 €/kWh:

$$0,15 * 867 = 130 \text{ € /pessoa.ano}$$

Como o défice tarifário se situa nos 176 €/habitante, se for utilizado um prazo de 10 anos cada pessoa terá de 'pagar' à EDP 17,6 €/ano.

$$\frac{17,6}{130} * 0,15 = 0,02 \frac{\text{€}}{\text{kWh.ano}}$$

Só o défice tarifário originará um aumento de 2 cêntimos por kWh por ano, o que corresponde a 13,5%. Se for somado os 17% de aumento no IVA, mais os 12% do aumento do custo (no cenário PNAER), temos um total de 42,5% apenas nestes 3 parâmetros.

Segundo as notícias da comunicação social, a ERSE pretendia um aumento imediato de 30% no preço da electricidade. Mas, depois de um longo processo de negociações o governo português conseguiu que o aumento ficasse nos 3,8% que indica, e face aos dados já apresentados, que a taxa de subida para os próximos anos irá aumentar.

Anos	Preço
1	0,150
2	0,159
3	0,169
4	0,179
5	0,189
6	0,201
7	0,213
8	0,226
9	0,239
10	0,253

Aumento anual estimado
6%

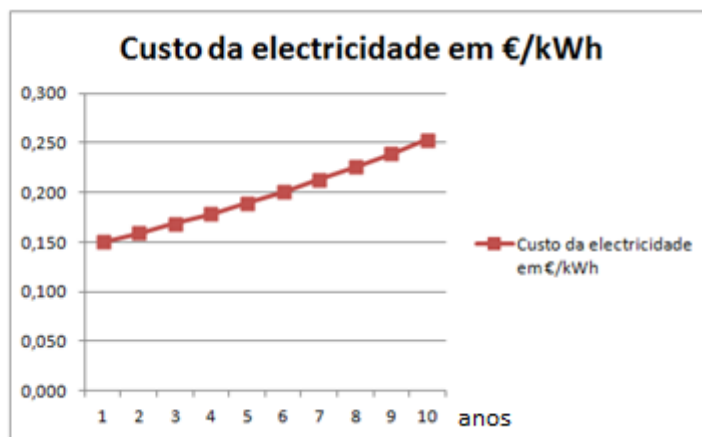


Figura 37– Previsão do aumento do custo da electricidade em €/kWh

4.6 Lenha

O aquecimento a lenha pode ser uma alternativa interessante, pois a mesma encontra-se em abundância em território nacional. O preço, é porventura a principal vantagem, podendo geralmente em áreas não-urbanas estar disponível gratuitamente. As principais desvantagens são as cinzas que produz durante a sua queima e questões relacionadas com o transporte e queima. Os diferentes tipos de madeira têm poderes caloríficos diferentes e nem todas queimam da mesma forma. As melhores madeiras para aquecimento são consideradas, madeiras duras como carvalho, faia, freixo, carpa, árvores de fruta, que produzem belas chamas e muitas brasas e mantêm-se muito tempo incandescentes. A lenha deve estar bem seca e não deve apresentar qualquer sinal de apodrecimento ou deterioração, pois uma madeira húmida aquece menos, visto que grande parte da energia gasta-se no processo de evaporação da água. Outra das consequências da humidade é a elevada quantidade de fumo que produz sujando o equipamento e diminuindo a sua eficiência. O ideal seria a compra da lenha nos meses de verão e conservar a mesma armazenada em local fresco e seco durante meses.

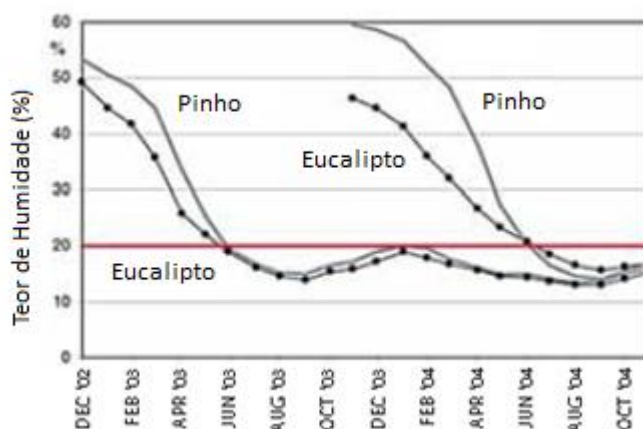


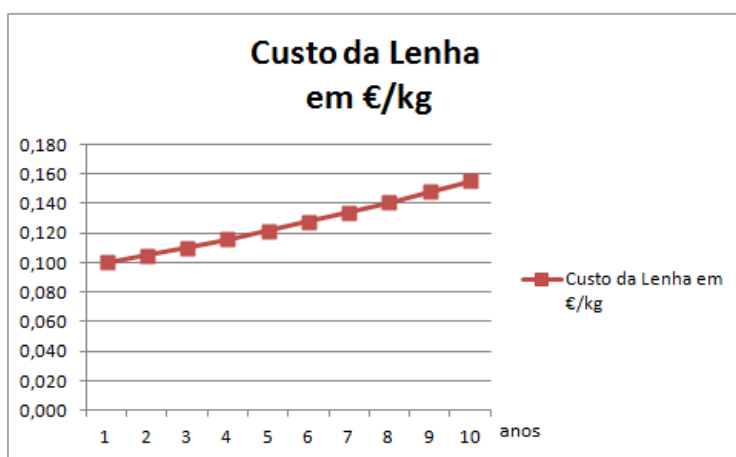
Figura 38 – Variação do teor de humidade com o tempo num processo de secagem natural

O preço da lenha varia com o tipo escolhido e que obviamente vai ter influência no PCI (poder calorífico inferior). Entre os mais comercializados estão o eucalipto e o sobro com um preço médio a rondar os 100€/tonelada, mas também o azinho com o preço de 140€/tonelada,

em ambas as situações com um teor de humidade a rondar os 20%, sendo que nestes preços já está incluído o transporte da lenha. Para a comparação em causa vai ser considerada uma madeira com um preço de 0,10 €/kg e com um PCI de 14,65 MJ [25]. O aumento do preço está muito dependente do custo de transporte e do processo de secagem, e como para estes processos são utilizados electricidade e derivados do petróleo em que prevê-se aumentos significativos como referido neste capítulo, é expectável que o preço da lenha tenha um aumento de 5% por ano, ao longo dos próximos 10 anos.

Anos	Preço
1	0,100
2	0,105
3	0,110
4	0,116
5	0,122
6	0,128
7	0,134
8	0,141
9	0,148
10	0,155

Aumento anual estimado
5%



Na , é apresentada uma comparação dos preços actuais das diferentes fontes energéticas em (€/kWh).

Preços por [€/kWh]

Butano	Propano	Gasóleo	Pellet	Lenha	Electricidade	BdC	Geo	GN
0,166	0,182	0,116	0,053	0,031	0,153	0,038	0,033	0,07

Figura 39– Preço actual por (€/kWh) para as diferentes fontes energéticas

5. Equipamentos

O sistema de climatização numa habitação deve ser alvo de uma escolha criteriosa, pois uma escolha acertada pode permitir um maior conforto térmico e uma poupança anual de centenas de euros. O tipo de instalação depende de uma série de factores, tais como:

- O tipo de habitação a aquecer;
- O espaço disponível para armazenar o combustível;
- A qualidade do isolamento;
- A localização e orientação do edifício a aquecer;
- A disponibilidade do combustível considerado;
- A possibilidade de combinar com outras fontes de energias renováveis;
- Capacidade de investimento inicial;

Aquecimento central ou descentralizado?

Aquecimento central implica a instalação de um sistema que aquece o ar ou a água que será transportado por uma rede de tubagens para as unidades terminais. Este sistema deverá incluir um regulador de temperatura, que permite que não se utilize consuma inutilmente a energia quando a temperatura ambiente é a desejada.

Numa instalação descentralizada o fornecimento de combustível para cada aparelho de aquecimento é feito de modo separado. É vantajoso para as casas onde apenas se pretende aquecer algumas divisões ou ainda quando um aquecimento central é muito difícil de instalar.

5.1 Bombas de calor

O princípio de funcionamento de uma bomba de calor, resume-se a retirar calor de um local a uma temperatura mais baixa e libertá-lo noutra a uma temperatura mais elevada, para

isso necessitam de uma unidade interior e outra exterior bem a tubagem que fazem a ligação entre ambas. Na Figura 40, estão representados os principais componentes de um sistema tipo bomba de calor.

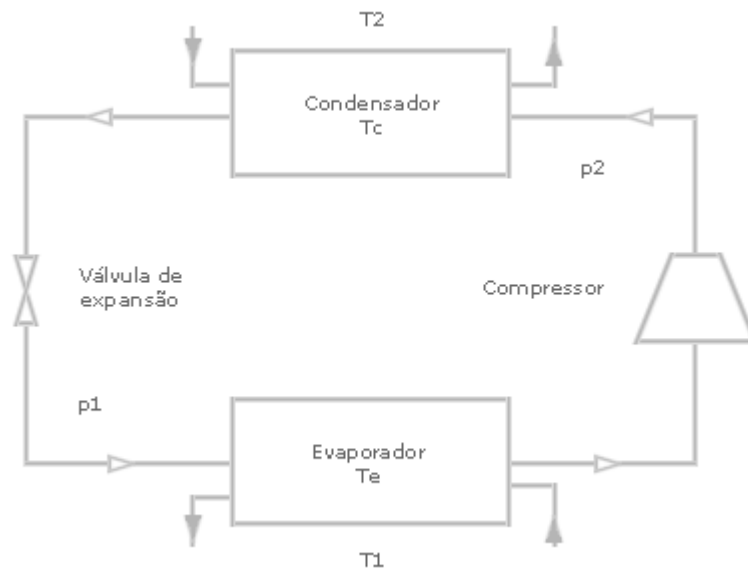


Figura 40– Princípio básico de uma bomba de calor [26]

- Compressor é um equipamento concebido para aumentar a pressão de um fluido no estado gasoso.
- Condensador é um permutador de calor no qual o fluido refrigerante cede calor ao exterior.
- No evaporador ocorre a evaporação do fluido refrigerante, com a consequente absorção de calor.
- Válvula de expansão termostática tem a capacidade de controlar a queda de pressão entre o condensador e o evaporador no sistema.

5.1.1 Ar – água

No tipo de sistema ar-água existem diferentes soluções utilizadas, devido à forma como se encontra dividida a remoção da carga térmica entre a água e o ar.

Neste tipo de sistema, a troca de calor ao nível do evaporador é feita por permuta do fluido frigorigénio com ar (normalmente ar ambiente).

Uma opção é a utilização de sistemas de condutas de ar e radiadores para a distribuição do ar climatizado, mas nas zonas com climas mais frios, pode ser necessário instalar equipamentos de apoio ao aquecimento (considera-se suficiente cerca de 20% da potência calorífica instalada) conseguindo-se, assim, reduzir as dimensões e o custo do aparelho.

O aquecimento é efectuado através de uma rede hidráulica ligada a unidades terminais. O tubo de retorno pode ser único ou geral e estar localizado a par com o tubo distribuidor. O sistema de aquecimento é com distribuição de água quente a uma temperatura que ronda os 45°C e 50°C, através duma rede de distribuição que alimenta os diversos radiadores que se instalam nas divisões a climatizar. Outra opção consiste no sistema com tubos de água e ventiloconvectores, onde também como no sistema anterior utiliza uma bomba de calor ar/água. O arrefecimento e aquecimento são feitos por um sistema de tubos de água que terminam em diferentes ventiloconvectores (*fan-coil's*) instalados nos compartimentos que se pretende climatizar. Este sistema ainda contém um conjunto de tubos destinados à distribuição e recuperação de água, a partir da unidade exterior (bomba de calor) até cada um dos ventiloconvectores.

Os ventiloconvectores podem incorporar filtros de ar, termóstatos, grelhas orientáveis, regulação de velocidade (pelo menos três níveis) e comando remoto, sendo que uma escolha correcta permite regular cada compartimento a valores distintos e adequados a cada tipo de utilização.

5.1.2 Ar-ar

O tipo de sistema Ar-ar, é aplicado com recurso a condutas de ar e é recomendado para moradias onde se pretende climatizar todas as divisões, porque apesar de geralmente apresentar eficiências inferiores ao sistema ar-água, não necessita de nenhum sistema adicional para gerar frio no verão.

O seu funcionamento é através de bombas de calor ar/ar reversíveis com o ar tratado a ser distribuído por condutas até aos locais a climatizar e chegando a todos os compartimentos através das unidades terminais instaladas nas paredes ou nos tectos.

Para permitir uma maior uniformidade de temperaturas é recomendável a instalação a um nível inferior da parede uma segunda conduta com grelha que efectua a aspiração do ar até

à unidade interior e promovendo assim uma distribuição mais uniforme do ar tratado. A unidade interior dispõe ainda de um tubo para evacuação da humidade condensada.

5.1.3 Geotérmica

O solo possui uma elevada inércia térmica. À medida que a profundidade aumenta, a temperatura também aumenta, aproximadamente 3°C por cada 100m. A 5m de profundidade a temperatura é aproximadamente de 15°C e igual todo o ano [27].

Trata-se assim de uma importante fonte de energia cujo princípio de aproveitamento desta energia é bastante simples, utilizando geralmente água com anticongelante para promover as trocas de calor. Normalmente, consiste na utilização de uma bomba de calor, em que o fluido frigorígeno, que utiliza a energia do subsolo para alimentar o evaporador.

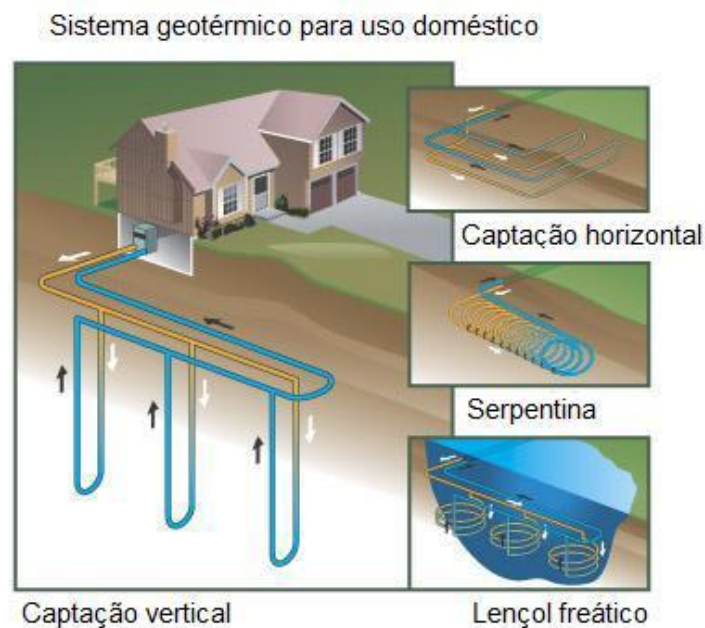


Figura 41- Diversas possibilidades de captação da energia geotérmica [27]

Nas estações de aquecimento, o calor armazenado no solo é recuperado através de um sistema de tubos subterrâneos, localizado perto da bomba de calor. Nas estações de arrefecimento o sistema funciona no sentido oposto, sendo o calor transferido e dissipado no solo. A diferença entre a temperatura pretendida e a temperatura do subsolo é bastante inferior comparando com

a diferença entre a temperatura exterior e o interior da habitação utilizado num sistema dito convencional, logo a eficiência deste tipo de equipamento vai ser superior do que uma bomba de calor que efectue a permuta de calor com água ou ar ambiente.

5.2 Ar condicionado

O sistema de ar condicionado funciona segundo o mesmo princípio da bomba de calor. Este sistema costuma ser utilizado tanto para aquecimento como para arrefecimento tendo como desvantagem efectuar a recirculação do ar, não garantem homogeneidade da temperatura, sendo a diferença de temperatura entre o tecto e o chão grande. No entanto, pode proporcionar bem-estar com um custo de aquisição baixo, permitindo controlar a temperatura, humidade.

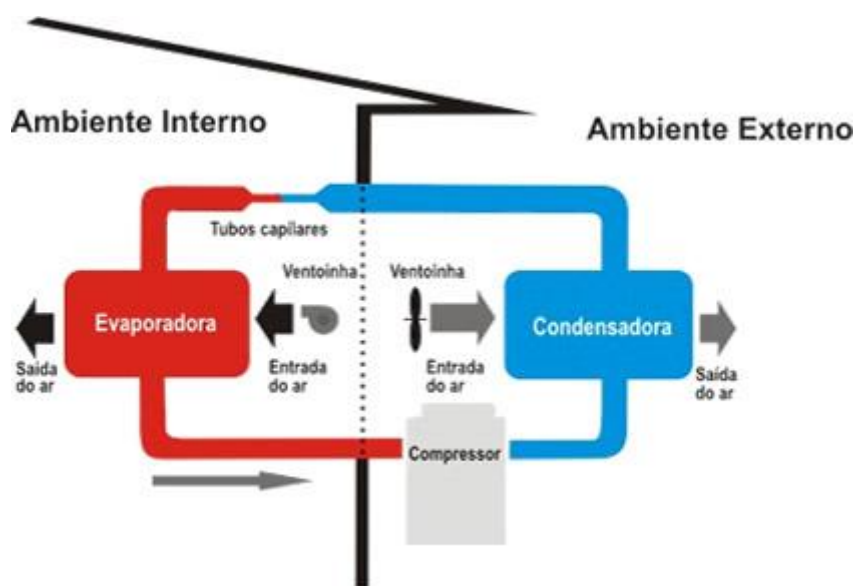


Figura 42 – Representação esquemática de um sistema de ar condicionado

5.2.2 Sistema unitário ou centralizado

Os sistemas unitários são equipamentos que tanto funcionam para a produção de calor ou de frio, são compactos, fabricados em série e o seu princípio de funcionamento baseia-se num

sistema de expansão directa do fluido refrigerante. A aplicação destes sistemas apenas serve para o funcionamento num local específico (sala, quarto, etc.) e a sua localização tem que ser próxima do ambiente que condiciona.

Os sistemas centralizados também são equipamentos de produção de frio e ou calor, mas a localização dos seus equipamentos primários encontra-se em locais técnicos distintos dos locais condicionados.

5.3 Caldeiras

Os produtos resultantes da combustão em caldeiras, motores térmicos e fornos são gases dos quais é muitas vezes recuperada energia. Existem inúmeros tipos, que permitem a referida recuperação de energia, mas todos se baseiam em tubos ou placas para a transferência de calor dos gases de escape para o ar à entrada, mantendo os dois fluxos separados, evitando a sua mistura. As caldeiras para aquecimento tanto a gás como a gasóleo de aquecimento, funcionam para aquecimento central ou águas quentes sanitárias. As caldeiras mais modernas trabalham a uma temperatura relativamente baixa (50 - 60 °C) [28], podendo mesmo em alguns casos serem utilizadas com piso radiante. Nas caldeiras a gás, se a zona for abastecida pela rede de gás natural o fornecimento do combustível pode ser feito de forma directa, enquanto nas caldeiras a gasóleo é necessário um depósito para o armazenar sendo que a sua capacidade costuma variar desde as centenas de litros até 1500/2000 litros, sendo por isso ter um espaço de dimensões consideráveis para armazenar esse depósito. O mesmo, não pode estar exposto a radiação solar directa, podendo em todo o caso ser enterrado.

As caldeiras a biomassa utilizam um combustível renovável para aquecer a habitação também sendo possível contribuir para o aquecimento das águas quentes sanitárias. Neste trabalho vão ser objecto de estudo as caldeiras alimentadas a lenha ou a pellets. A caldeira a pellets tem a capacidade de auto-alimentar-se permitindo uma queima mais controlada, mesmo assim o depósito necessita de ser enchido frequentemente, dependendo da capacidade do mesmo e do consumo da caldeira. As caldeiras a lenha têm como principais desvantagens o facto de o combustível ter de ser introduzido manualmente, o que pode causar algum desconforto bem como o facto de não ser programável, levando a que o controlo da temperatura

não seja o desejável. Se estes factos não causarem grande incómodo, este sistema pode revelar-se uma escolha acertada, sendo utilizado em muitos casos como complemento de outro sistema de aquecimento, como a caldeira a gás, porque a lenha actualmente é um combustível mais económico, sendo no entanto necessário algum espaço disponível para a armazenar pois deve-se evitar o contacto com ambientes muito húmidos, para que a eficiência da combustão não saia prejudicada.

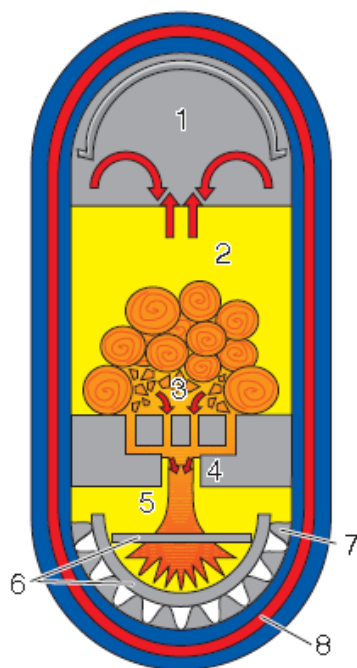


Figura 43– Esquema de uma caldeira a lenha [29]

Onde:

- 1 – zona de secagem do combustível
- 2 – zona de gaseificação
- 3 – zona de queima
- 4 – queimador de ferro fundido
- 5 – câmara de combustão
- 6 – catalisador
- 7 – superfície de trocas térmicas
- 8 – permutador de calor

5.4 Aquecimento Eléctrico

Este tipo de aquecedores faz uso do efeito de Joule para efectuar o aquecimento. No efeito de Joule a energia eléctrica é transformada em energia térmica.

Esta tecnologia é muito utilizada nos aquecedores a óleo que consistem num conjunto de finas secções de metal, por dentro das quais circula um óleo. Na base do aquecedor existe uma resistência eléctrica imersa no óleo e que o aquece. Ao circular o óleo transmite o calor ao metal que o circunda. As secções de metal por sua vez aquecem o ar. Estes equipamentos são também vulgarmente chamados de radiadores. Estes aparelhos devido à sua reduzida potência apenas permitem um aquecimento localizado, tendo como principal vantagem a portabilidade



Figura 44- Imagem de um aquecedor a óleo

5.5 Unidades Terminais

5.5.1 Radiadores

É o sistema mais comum de distribuição do aquecimento por água. O aquecimento por radiadores, tem por base uma unidade produtora de calor que através de uma bomba circuladora faz chegar aos vários radiadores o calor. O desenho dos radiadores e a sua localização, deve ser tal que permita uma circulação natural do ar, que devido às diferenças de temperatura se distribui por convecção pelas divisões.

5.5.2 Ventiloinvectores

Neste tipo de equipamentos, a climatização é feita mediante a circulação de água quente ou fria no ventiloinvector, proveniente do sistema climatização central. Tem como principais vantagens em relação aos radiadores o facto de não necessitar de temperaturas tão elevadas e de ter dimensões mais reduzidas.

5.5.3 Piso radiante eléctrico

Por fim, temos o piso radiante que tanto pode ser eléctrico ou hidráulico. Num local aquecido por pavimento radiante, toda a superfície do solo irradia calor a baixa temperatura. Não existem zonas quentes e zonas frias dentro da mesma habitação. A sensação de bem-estar é maior porque a distribuição de calor mais suave e uniforme e não produz correntes de ar. O aquecimento por piso radiante é mais saudável pois não seca o ar mantendo, a humidade natural do ar ambiente. Como esta tecnologia é recente logo sofreu problemas técnicos iniciais o que levou a algum desencorajamento quanto à sua utilização. A principal desvantagem desta forma de distribuir calor é o custo inicial.

O aquecimento por piso radiante hidráulico é efectuado através de um fluido aquecido numa caldeira o qual circula a baixa temperatura, por intermédio de um electrocirculador, colocado entre a caldeira e o pavimento radiante, onde aqui é transferido o calor para o ar ambiente.

Neste sistema de aquecimento, toda a superfície é convertida num imenso e eficaz painel acumulador/emissor de calor. Uma vez instalado este sistema de aquecimento, ou seja depois do cabo eléctrica esteja embebido na argamassa, não há nada que ponha em causa o seu bom funcionamento, mantendo-se assim por longos anos. a temperatura é controlado através de um termóstato de ambiente.

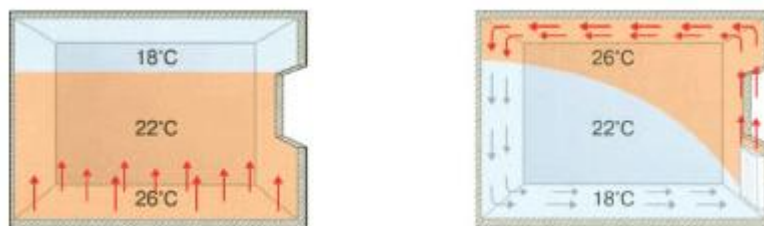


Figura 45– Diferença obtida entre piso radiante e um sistema com circulador de ar

5.6 Equipamentos de AQS

Como foi referido anteriormente nos Consumos de Energia no Sector Doméstico, a energia dispendida na produção de Água Quentes Sanitárias é superior à energia gasta nos sistemas de climatização. Porém, olharmos apenas para os edifícios que cumprem o RCCTE a posição inverte-se, não deixando no entanto a produção de AQS de ter uma percentagem considerável quando somando as necessidades energéticas do edifício.

Os sistemas ditos tradicionais de aquecimento de água podem ser agrupados da seguinte forma: sistemas instantâneos e sistemas por acumulação. No primeiro grupo destacamos o esquentador e a caldeira, e no segundo grupo, o termoacumulador eléctrico ou a gás. Os preços para os equipamentos que estão aqui listados encontram-se no programa Excel alvo de estudo no capítulo 8.

5.6.1 Esquentador a Gás

Estes equipamentos aquecem a água de uma forma instantânea, entrando em funcionamento quando há uma necessidade de água quente. A água é aquecida num permutador de cobre, aproveitando o calor emitido pela chama de um queimador que pode utilizar diferentes tipos de gás (propano, butano ou natural). O rendimento térmico de um esquentador varia, dependendo do modelo, entre 55% e 100%, atingindo este último valor apenas em aparelhos com tecnologia de condensação, onde os gases provenientes da combustão servem para pré-aquecer a água da rede.

5.6.2 Caldeira de Aquecimento de Águas Directas – Sistema instantâneo de produção de AQS

Para aquecimento de águas sanitárias, este tipo de equipamentos tem um funcionamento muito idêntico ao dos esquentadores mas, consegue rendimentos superiores, podendo chegar a 109%, quando é utilizada tecnologia de condensação.

5.6.3 Termoacumulador Eléctrico – Sistema de acumulação de AQS

Este aparelho consome energia eléctrica para aquecer água que se encontra dentro de um depósito, através de uma resistência. O aquecimento da água não é feito de forma instantânea, podendo levar algumas horas (dependendo da capacidade do depósito e da potência da resistência eléctrica), até que a água atinja a temperatura desejada. Este sistema fornece uma quantidade de água limitada ao volume do depósito e, dada a estratificação que nele existe, uma temperatura variável durante o consumo.

5.6.4 Termoacumulador a Gás – Sistema de acumulação de AQS

Neste tipo de sistemas, a água é aquecida por uma caldeira através de um circuito fechado que, por transferência térmica através de uma serpentina, aquece a água sanitária existente dentro de um acumulador.

A escolha do sistema de produção de AQS está sempre relacionada por um binómio conforto/ preço. Um sistema por acumulação, bem dimensionado, permite níveis de conforto mais elevados e simultaneidade de banhos, mas esgotada a sua capacidade demora várias horas até ter novamente o depósito cheio com água quente para consumo. No entanto, o preço é mais elevado e necessita de mais espaço.

5.7 Solar térmico

Devido à boa exposição solar existente em Portugal um sistema solar térmico pode ser dimensionado para satisfazer cerca de 60% a 75% das necessidades de AQS ao longo do ano, respondendo a 100% das necessidades no período do Verão. Os elementos electrónicos do sistema solar consomem apenas cerca de 15€ por ano em electricidade [34]. O tempo de vida de um sistema solar com uma manutenção regular dos equipamentos pode ultrapassar os 20 anos.

Existe a obrigatoriedade a instalação de colectores solares térmicos para produção de águas quentes sanitárias nos novos edifícios e nas grandes reabilitações abrangidas pelo RCCTE, desde que sejam cumpridos os seguintes requisitos: como exposição solar adequada. Por exposição solar adequada entende-se a existência de uma cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada com água cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre sudeste e sudoeste e que essa cobertura não seja sombreada por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente 2 horas depois do nascer do Sol e termina 2 horas antes do pôr do Sol. É obrigatória a base de 1m² de colector por ocupante convencional previsto. Esta área pode ser reduzida para 50% da área de cobertura disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre sudeste e sudoeste.

A contribuição de sistemas solares só pode ser contabilizada para efeitos da classificação à luz RCCTE e/ou RSECE se: os sistemas forem instalados por instaladores certificados, os painéis sejam certificados e desde que haja prova da existência de contrato de manutenção durante 6 anos. Em alternativa à utilização de colectores podem ser utilizadas outras fontes de energia renovável como por exemplo, energia geotérmica, painéis fotovoltaicos e energia eólica desde que capturem, numa base anual, energia equivalente à dos colectores solares, podendo estas ser utilizadas para aquecimento de AQS ou outros fins, sendo que são excluídas das alternativas outras tecnologias que apesar de eficientes, têm por base fontes não renováveis, como por exemplo, recuperadores de calor, bombas de calor, bombas de calor solares termodinâmicas, micro-geração, lareiras, salamandras, etc.



Figura 46 - Imagem de um equipamento solar térmico termossifão

O sistema solar térmico é composto por:

- Colector Solar – capta a energia solar
- Depósito de acumulação – armazenamento da água quente
- Apoio energético – para os dias sem Sol
- Permutador (opcional) – permite a transferência de calor do fluido térmico (circuito primário) para a água de consumo (circuito secundário)

O sistema pode ser de circuito directo quando o fluido térmico que circula nos colectores é a água de consumo e indirecto quando nos colectores circula um fluido térmico em circuito fechado (circuito primário) que passa por um permutador externo ou interno ao depósito de acumulação. O depósito de acumulação pode encontrar-se no exterior (telhado), o chamado sistema de termossifão, ou no interior do edifício quando não é viável a colocação do depósito no telhado, o chamado sistema de circulação forçada. Os colectores solares podem ser planos (sem cobertura, com cobertura e com cobertura selectiva), solares do tipo CPC ou de tubos de vácuo.

5.8 Boas práticas a ter na climatização

A seguir, encontram-se listadas algumas boas práticas a ter no dia-a-dia, para que a energia gasta na climatização de edifícios seja a menor possível [26].

- As temperaturas consideradas de conforto para uma casa variam entre os 20°C, no Inverno, e os 25°C, no Verão. Por cada grau adicional, a energia necessária para aquecer toda a casa aumenta entre 7% a 10%.
- Aquecer apenas as áreas da casa que são utilizadas e as portas das salas e quartos que não estão a ser utilizados devem ser fechadas.
- Quando o aquecimento está ligado as janelas e as portas devem estar fechadas.
- No Inverno, a entrada da luz solar deve ser uma potenciada, levantando estores e abrindo os cortinados. No Verão, a entrada dos raios solares directos durante o dia deve ser evitada e a ventilação natural de noite facilitada, abrindo as janelas em lados opostos da casa.
- Primazia a árvores que forneçam sombra no Verão. Uma árvore de folha caduca permite obter sombra apenas nas estações mais quentes.
- De manhã, arejar o quarto durante 10 a 15 minutos. Não é necessário deixar a janela aberta mais tempo, evitando assim perdas de calor.
- A instalação de válvulas termostáticas nos radiadores é uma boa solução, pois permitem ajustar com precisão a temperatura em cada espaço, regulando automaticamente o caudal de água quente com base na temperatura seleccionada.
- Evitar cobrir os radiadores com peças de mobiliário ou cortinas; se o radiador estiver instalado por baixo de uma janela, recomenda-se a instalação de uma placa de material isolador e reflector entre o radiador e a parede.
- Uma boa forma de prevenir a entrada de ar frio, consiste em instalar um painel isolante nas caixas dos estores de enrolar para reduzir as entradas de ar frio e evitar desperdícios desnecessários de energia.
- À noite, manter os estores de enrolar fechados sempre que possível. Nos dias de sol, aproveitar ao máximo a entrada de radiação solar na habitação, para aquecê-la gratuitamente.

6. Caso de Estudo

A habitação não se encontra edificada, por isso o ponto de partida é um ante-projecto de uma moradia a construir no concelho de Barcelos. A edificação possui uma área útil de 226,01m² e um pé direito médio ponderado de 3,06m.

A construção tem 2 pisos, com uma tipologia T3 contando com espaços habitacionais e um espaço não útil. Na figura 48 e 49, temos a representação do piso 0 e 1 onde não é incluído a lavandaria pois é considerada espaço não útil e sendo assim não é considerada para efeitos do cálculo das necessidades energéticas segundo o RCCTE.

As soluções construtivas utilizadas tanto na envolvente interior como na exterior e os alçados encontram-se representados no Anexo A. Os vãos envidraçados são compostos por uma caixilharia de alumínio e vidros duplos, do tipo reflectante colorido na massa+incolor (6 mm+6 mm) sem quadrícula com um $U=2,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e um factor solar de 0,35.

No anexo D, também se encontra a verificação dos requisitos mínimos da envolvente, os vãos envidraçados e respectivos sombreamentos, tal como o cálculo da inércia térmica.

Quanto aos equipamentos, para aquecimento e arrefecimento a escolha recaiu numa bomba de calor Dimplex LA 11MSR e os dados técnicos correspondentes bem como uma representação da instalação estão no Anexo. A produção de AQS é feita por um esquentador a gás Junkers WTD 14 KG – Hydropower Plus e as suas características técnicas estão na Figura 47

Características Técnicas	WTD-KG HIDROPOWERPLUS		
	WTD 11 KG	WTD 14 KG	WTD 18 KG
Modelo			
Tipo de ignição	Hidrogerador - sem piloto		
Capacidade (litros/min.)	11	14	18
Potência útil kW	5,0-19,2	6,0-23,6	7,0-30,5
Pressão mínima de funcionamento (bar)	0,25	0,25	0,25
Caudal de arranque (litros/min.)	2,5	2,5	2,5
Rendimento (%)	88	87	88
Sonda AGU	Sonda gases queimados		
Sonda NTC	Sonda de temperatura da água		

Figura 47 – Características técnicas do esquentador a gás Junkers WTD 14 KG – Hydropower Plus

Delimitação da Envolvente

A delimitação da envolvente é visível nas figuras 48, 49 e 50 e segue o esquema de cores apresentado na legenda. Para determinar se a lavandaria era um espaço não útil foram realizados os seguintes cálculos

Tabela 3 – Tipo de espaço não útil

Designação comum	Tipo de espaço não útil (Tabela IV.1)
Lavandarias	Varandas, marquises e similares

$$A_i = (2,5 + 3) * 3 = 16,5 \text{ m}^2$$

$$A_u = (2,5 + 3) * 3 = 16,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_i}{A_u} = \frac{16,5}{16,5} = 1 \rightarrow \tau = 0,8 \rightarrow \text{requisitos de envolvente exterior}$$

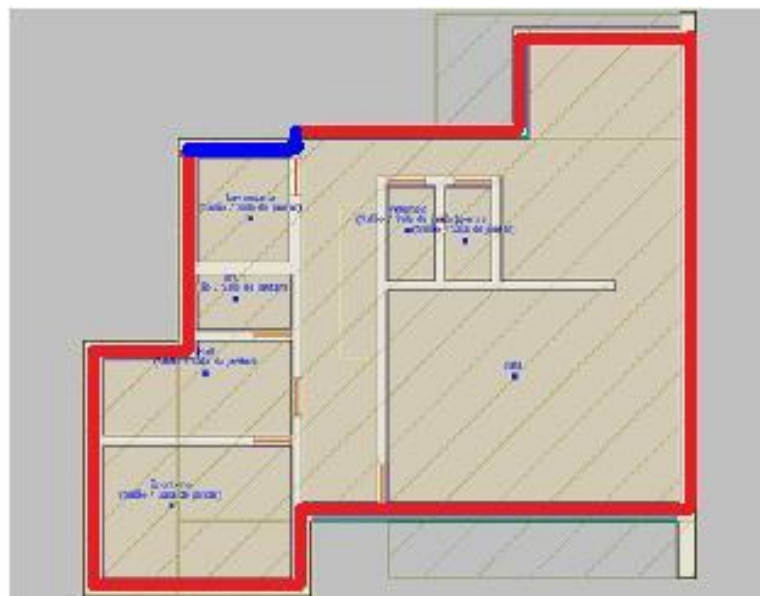


Figura 48– Delimitação da envolvente no Piso 0 gerado no software Cypeterm

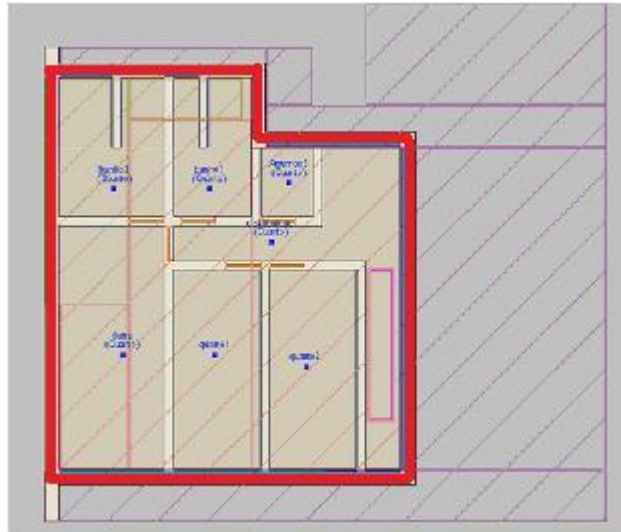


Figura 49– Delimitação da envolvente no Piso 1 gerado no software Cypeterm

Figura

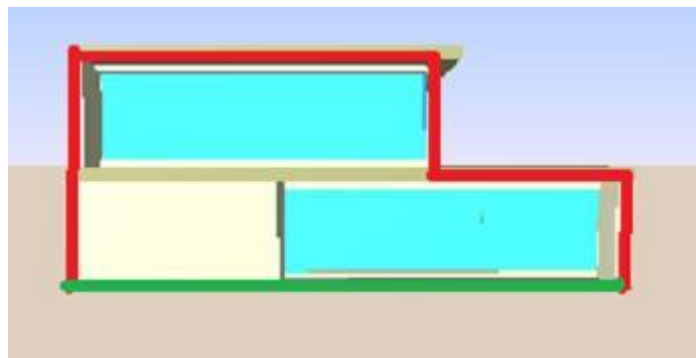


Figura 50 - Delimitação da envolvente no alçado Sul gerado no software Cypeterm

Onde:

Vermelho – Envolvente exterior

Verde – Envolvente sem requisitos

6.1 Enquadramento Legal em Portugal

No contexto do esforço para conseguir cumprir os objectivos do protocolo de Quioto e sem prejuízo dos níveis de conforto atingido, houve a necessidade de modificar a legislação vigente sobre o comportamento térmico dos edifícios. Assim, a União Europeia lançou uma directiva (n.º 2002/91/CE), que visa levar os Estados-membros a criar mecanismos que permitam melhorar o desempenho energético dos edifícios através da utilização de fontes de energia renovável e a criação de um sistema de certificação energética que permita a divulgação das características dos mesmos e dessa forma promover edifícios energeticamente mais eficientes.

Para incorporar esta nova directiva na sua legislação, Portugal lançou três novos decretos-lei:

- Decreto-lei no 78/2006, que define o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE)
- Decreto-lei no 79/2006, que aprova o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)
- Decreto-lei no 80/2006, que aprova o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

6.2 Certificação energética

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) enquadra-se no âmbito da Directiva n.º 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Essa directiva obriga a que todos os países que compõem a União Europeia devam implementar um sistema de certificação energética de forma a informar todos os interessados sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos.

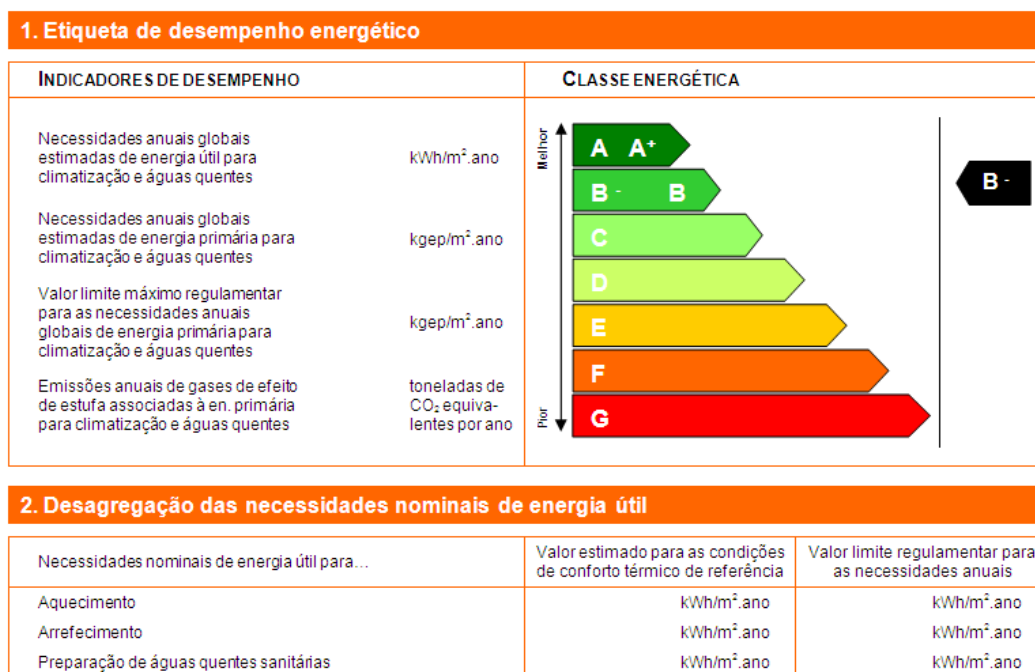


Figura 51 – Modelo certificado no âmbito da certificação energética [1]

A classificação dos edifícios segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético e a classe G corresponde a um edifício com pior desempenho energético. Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-, sendo que abaixo desta classificação o projecto do edifício terá de ser reformulado pois ao não cumprir os mais recentes regulamentos a sua construção não será viável se não atingir pelo menos a classe B-. Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe (de A a G). O Certificado Energético várias informações, tais como: a identificação do imóvel, a etiqueta de desempenho energético, a validade do certificado e uma breve descrição das características do imóvel, como a descrição das soluções adoptadas, tanto para envolvente opaca como para envidraçados, valores de referência regulamentares para que seja possível comparar e avaliar o desempenho energético, bem como algumas medidas para melhorar o desempenho do edifício.

A certificação tem como principais objectivos:

- Informar os consumidores sobre a qualidade térmica do edifício em questão.
- Permitir que sejam feitas recomendações sobre medidas que apresentem viabilidade económica e levem a uma melhoria do desempenho energético.

- Promover a reabilitação dos edifícios mais antigos e garantir que os novos cumprem a nova legislação em vigor.
- Aumentar a eficiência média do sector dos edifícios, reduzindo a dependência externa da EU e contribuindo para o cumprimento dos objectivos de Quioto

6.3 RSECE

O RSECE veio definir um conjunto de requisitos que, para além da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrangem também a eficiência dos sistemas de climatização dos edifícios, obrigando à realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços. A qualidade do ar interior é também alvo de regulamentação, tendo sido impostos valores para as taxas de renovação do ar nos espaços a climatizar e para a concentração máxima dos principais poluentes nocivos à saúde. O seu âmbito de aplicação restringe-se aos grandes edifícios de serviços, tanto novos como já existentes, a pequenos edifícios de serviços com potência útil instalada superior a 25 kW e a edifícios de habitação com sistemas de climatização de potência útil também superior a 25 kW.

6.4 RCCTE

O RCCTE estabelece requisitos para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes, incentivando a utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária. Esta legislação valoriza a utilização de fontes de energia renovável, num esforço para que no futuro os edifícios não gastem tanta energia e que na origem da mesma estejam processos menos nocivos para o meio ambiente.

Para avaliar mais correctamente a influência dos sistemas activos na climatização torna-se indispensável estudar o comportamento energético de uma habitação em particular, ao abrigo do RCCTE. Para cumprir o RCCTE, é necessário que as suas necessidades nominais anuais de energia (N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} e N_{tc}) não excedam os valores máximos admissíveis, que se designam respectivamente por N_i , N_v , N_a e N_t . Posto isto, em seguida são apresentados os valores máximos que se forem ultrapassados fazem com que o edifício seja considerado não regulamentar. Neste capítulo, serão apresentadas as equações e os passos mais importantes para efectuar a referida avaliação e também os valores obtidos no cálculo analítico para cada situação.

6.4.1 Dados Climáticos

Zona climática

Para efeitos do RCCTE, Portugal está dividido em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3) e três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3). O concelho de Barcelos, situa-se na zona climática de Verão V1-N e na zona climática de Inverno I2. O número de graus-dias de aquecimento para esta localidade é de 1660 °C.dias. Como está situada a uma altitude menor que 400m os valores para o número de graus-dias de aquecimento não sofre alterações em função da mesma.

Energia solar e intensidade da radiação solar

A região de Barcelos pertence à zona climática I2, pelo que o valor de G_{sul} corresponde a 93 kWh/m².mês. (Quadro III.8 do RCCTE). Na Tabela 4, constata-se que a intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento varia em função da zona climática em que o edifício está inserido e da orientação do mesmo. Como a habitação fica situada numa zona climática V1- Norte os valores pretendidos para a intensidade da radiação solar encontram-se na primeira linha da Tabela 4.

Tabela 4– Intensidade da radiação solar [30]

Zona Climática	Intensidade da radiação solar - Ir (kWh/m ²)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Hor.
V1 - Norte	200	300	420	430	380	430	420	300	730
V2 - Norte	200	320	450	470	420	470	450	320	790
V3 - Sul	210	330	460	460	400	470	460	330	820

A temperatura do ar exterior para a estação convencional de arrefecimento é igual a 19 °C, (Quadro III.9 do RCCTE).

6.4.2 Cálculo de AQS

Com o actual regulamento torna-se obrigatório a contabilização das necessidades de aquecimento para as águas quentes sanitárias. De acordo com a tipologia e o tipo de edifício alvo de estudo o cálculo das AQS tem como ponto de partida os seguintes pressupostos:

Tabela 5 – Dados para o cálculo das AQS

Tipologia	Tipo de Utilização	Dias de Ocupação	Nº Ocupantes
T3	Residencial	Permanente	4

6.4.3 Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil de Aquecimento, Ni

As Necessidades Nominais de Aquecimento (Nic), correspondem à energia necessária para manter a temperatura de referência (20°C) constante no interior da fracção autónoma. A manutenção da temperatura de referência, não representa o consumo real dessa da fracção autónoma, pois no espaço a climatizar as condições variam todos os dias (nº de pessoas e ganhos pela envolvente que dependem das condições climatéricas) podendo mesmo ocorrer diferenças significativas, quer por excesso, quer por defeito, entre as condições reais de funcionamento e as ditas condições nominais.

As N_{ic} são dadas pela equação 1 (RCCTE, Anexo IV, Secção 1).

$$N_{ic} = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p} = 76,53 \quad (1)$$

Onde:

N_{ic} - Necessidades nominais de aquecimento (kWh/m².ano)

Q_t - Perdas de calor por condução através da envolvente do edifício (W/°C)

Q_v - Perdas de calor resultantes da renovação de ar (W/°C)

Q_{gu} - Ganhos de calor úteis, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados (kWh/ano)

A_p - Área útil de pavimento do edifício (m²)

Idealmente, a temperatura de referência seria mantida somente através dos ganhos solares e internos, se tal não for possível é necessário fornecer energia para aquecer ao espaço a climatizar, tal como é possível verificar na Figura 52, sendo de evitar ganhos de calor não-úteis que vão sobreaquecer o supra-referido espaço.

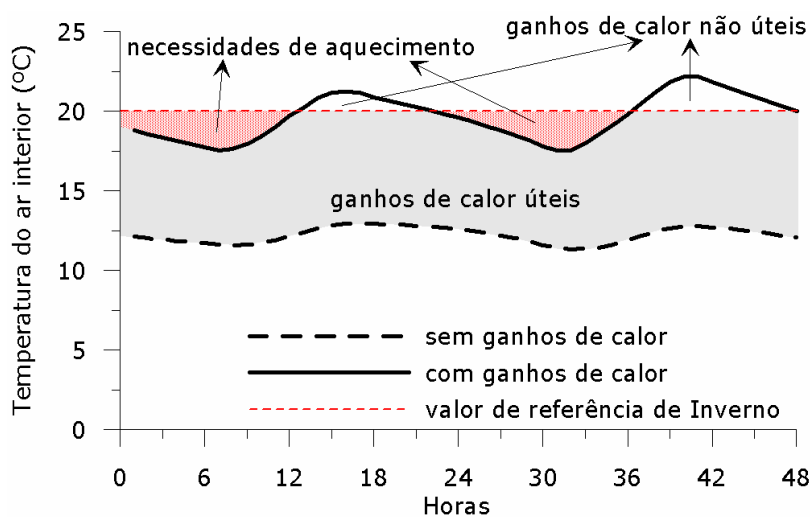


Figura 52- Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de aquecimento [31]

6.4.4 Perdas de calor por condução através da envolvente (Q_t)

As perdas de calor por condução através da envolvente ocorrem nas paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos, devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, sendo que o calor flui no sentido de anular essa mesma diferença o que no Inverno traduz-se em perdas de calor do interior mais quente para o exterior. Essas perdas podem ser quantificadas através da soma de quatro parcelas segundo a equação 2.

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} = 413 \quad (2)$$

Onde:

Q_t - Perdas de calor por condução através da envolvente (W)

Q_{ext} - Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (W)

Q_{lna} - Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos (W)

Q_{pe} - Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo (W)

Q_{pt} - Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício (W)

As perdas de calor pelas zonas correntes de paredes, pontes térmicas planas, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (Q_{ext}), são calculadas em cada momento para cada um desses elementos, sendo que a energia necessária para compensar essas perdas é dada pela equação 3:

$$Q_{ext} = 0,024 \cdot U_j \cdot A_j \cdot GD_j = 317 \quad (3)$$

Onde:

Q_{ext} - Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (kWh)

U_j - Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente opaca ou envidraçada (W/m².°C)

A_j - Área do elemento j da envolvente medida pelo interior (m²)

GD - Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa (°C.dias)

As perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não-aquecidos (Q_{Ina}), como por exemplo armazéns ou arrecadações, garagens, corredores, escadas de acesso dentro do edifício e sótãos não-habitados. O valor dessas perdas é dado pela equação 4 (RCCTE, Anexo IV, Secção 2.1.2).

$$Q_{Ina} = 0,024 \cdot U_j \cdot A_j \cdot GD \cdot \tau_j = 44,60 \quad (4)$$

Onde:

Q_{Ina} – Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos (W)

U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (W/m².°C)

A_j – Área do elemento j da envolvente medida pelo interior (m²)

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa (°C.dias)

τ_j – Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não-aquecidos.

As perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo traduzem as perdas unitárias de calor (por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior), através dos elementos de construção em contacto com o terreno (L_{pe}), de acordo com a equação 5:

$$L_{pe} = \sum_j \psi_j \cdot B_j = 19,20 \quad (5)$$

Onde:

L_{pe} – Perdas unitárias de calor através dos elementos de construção em contacto com o terreno (W/°C)

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j (W/m. °C);

B_j – Desenvolvimento linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j medido pelo interior (m).

O coeficiente de transmissão térmica linear (ψ), é função da diferença de nível (Z) entre a face superior do pavimento e a cota do terreno exterior. O valor de Z é negativo se a cota do pavimento for inferior à do terreno exterior, e positivo caso contrário (Camelo et al, 2006).

Os valores do referido coeficiente, pode ser encontrado nas Tabelas IV.2.1 e 2.2 do Anexo IV do RCCTE.

A energia necessária para compensar as perdas lineares em cada elemento da envolvente em contacto com o solo, calcula-se pela equação 6: (RCCTE, Anexo IV, Secção 2.3).

$$Q_{pe} = 0,024 \cdot L_{pe} \cdot GD = 5,6 \quad (6)$$

Onde:

Q_{pe} – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo (kWh);

L_{pe} – Perdas de calor unitárias através dos elementos de construção em contacto com o terreno ($W/^\circ C$);

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa ($^\circ C.dias$).

As perdas térmicas lineares unitárias por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior (L_{pt}), através das pontes térmicas existentes no edifício, são calculadas segundo a equação 7 (RCCTE, Anexo IV, Secção 2.3).

$$L_{pt} = \sum_j \psi_j \cdot B_j \quad (7)$$

Onde:

L_{pt} – Perdas de calor lineares unitárias através das pontes térmicas ($W/^\circ C$);

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j ($W/m \cdot ^\circ C$);

B_j – Desenvolvimento linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j medido pelo interior (m).

Para obtenção do valor do coeficiente de transmissão térmica linear (ψ_j), recorre-se à Tabela IV.2.3 do Anexo IV do RCCTE.

A energia necessária para compensar as perdas térmicas lineares para cada ponte térmica da envolvente pode ser obtida pela equação 8 (RCCTE, Anexo IV, Secção 2.3).

$$Q_{pt} = 0,024 \cdot L_{pt} \cdot GD = 44,6 \quad (8)$$

Onde:

Q_{pt} – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares (kWh);

L_{pt} – Perdas de calor lineares unitárias através de pontes térmicas (W/°C);

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa (°C.dias).

6.4.5 Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v)

As perdas de calor resultantes da renovação de ar correspondem às perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior. Durante a estação de aquecimento, a energia necessária para compensar estas perdas, é calculada pela equação 9 (RCCTE, Anexo IV, Secção 3.1).

$$Q_v = 0,024 \cdot 0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d \cdot GD \cdot (1 - \eta_v) = 165 \quad (9)$$

Onde:

Q_v - Perdas de calor resultantes da renovação de ar (kWh)

R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior (h-1)

A_p – Área útil de pavimento (m²);

P_d – Pé direito (m);

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa (°C.dias)

η_v – Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor ($\eta_v=0$, caso em que não haja recuperador)

Se for utilizado para ventilação um sistema mecânico, deve ser contabilizada a energia dispendida para o seu funcionamento:

$$E_V = P_V \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot 4 \quad [kWh] \quad (10)$$

Onde:

P_V - Soma das potências eléctricas de todos os ventiladores instalados (W)

4 - Duração média da estação convencional de arrefecimento (meses)

24 - Horas

0,03 - Resultado obtido pela expressão: 30 dias/1000

6.4.6 Ganhos térmicos úteis (Q_{gu})

Os ganhos térmicos úteis a considerar no cálculo das Nic nos edifícios e fracções autónomas, resultam de duas fontes (RCCTE, Anexo IV, Secção 4.1):

- Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (Q_i), dados pela soma dos os ganhos provenientes da iluminação, utilização de equipamentos e presença dos ocupantes.
- Ganhos térmicos associadas ao aproveitamento da radiação solar (Q_s).

Nem todos os ganhos térmicos totais brutos (Q_g) se traduzem em aquecimento útil do ambiente interior, ocorrendo por vezes sobreaquecimento. Estes são obtidos pelo somatório dos ganhos internos brutos (Q_i) e dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (Q_s) (RCCTE, Anexo IV, Secção 4.1).

Os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados são dados pela equação 11:

$$Q_s = G_{sul} \sum_j [X_j \sum_n (A \cdot F_s \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj}] \cdot M = 5270 \quad (kWh) \quad (11)$$

Onde:

G_{sul} - valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul de área unitária durante a estação de aquecimento, (kWh/m².mês) (Quadro III.8);

X_j - factor de orientação, para as diferentes exposições (Quadro IV.4);

A - área efectiva colectora da radiação solar da superfície n que tem a orientação j, (m²)

g_{\perp} - factor solar do vão envidraçado; representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado em relação à radiação solar incidente na direcção normal ao envidraçado;

F(...) - factores solares que tomam conta de existência de eventuais “obstáculos” associados a transmissão da radiação solar para o interior do espaço útil através do vão envidraçado. Devido ao facto de o sol descrever uma trajectória distinta em cada estação, os factores solares devem ser substituídos por valores calculados em separado para cada estação;

M - duração média da estação convencional de aquecimento (meses) (Quadro III.1).

Estes mesmos ganhos solares também podem ser calculados a partir de um método chamado simplificado em que o valor do produto $F_s \cdot F_g \cdot F_w$ assume o valor 0,46.

A expressão para calcular Q_i é dada pela equação 12: (RCCTE, Anexo IV, Secção 4.2).

$$Q_i = 0,72 \cdot q_i \cdot M \cdot A_p = 2650 \quad (12)$$

Onde:

Q_i - Ganhos internos brutos (kWh/ano)

q_i - Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento (W/m²)

M - Duração média da estação convencional de aquecimento (meses)

A_p - Área útil de pavimento (m²).

O factor de utilização dos ganhos térmicos (η), é calculado em função da inércia térmica do edifício e da relação γ entre os ganhos totais brutos (Q_g) e as perdas térmicas totais do edifício, segundo a expressão 13.

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_v + Q_t} = 0,82 \quad (13)$$

Onde:

Q_g - Ganhos térmicos totais brutos (kWh/ano)

Q_t - Perdas de calor por condução através da envolvente (W/°C)

Q_v - Perdas de calor resultantes da renovação de ar (W/°C)

O valor dos ganhos térmicos brutos (Q_g), são convertidos em ganhos térmicos úteis (Q_{gu}) através do factor de utilização dos ganhos térmicos (η), pela equação 14: (RCCTE, Anexo IV, Secção 4.1).

$$Q_{gu} = \eta Q_g = 10890 \quad (14)$$

Obtida a relação γ , calcula-se o factor de utilização dos ganhos térmicos (η) pelas equações 15 e 22, representadas também graficamente pela Figura 53(RCCTE, Anexo IV, Secção 4.4).

$$\begin{cases} \gamma = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \\ \gamma = \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \end{cases} \quad (15)$$

O termo a assume os seguintes valores, consoante a inércia térmica da fracção autónoma:

$$a = \begin{cases} 1,8 - \text{edifícios com inercia térmica fraca} \\ 2,6 - \text{edifícios com inercia térmica média} = 2,6 \\ 4,2 - \text{edifícios com inercia térmica forte} \end{cases}$$

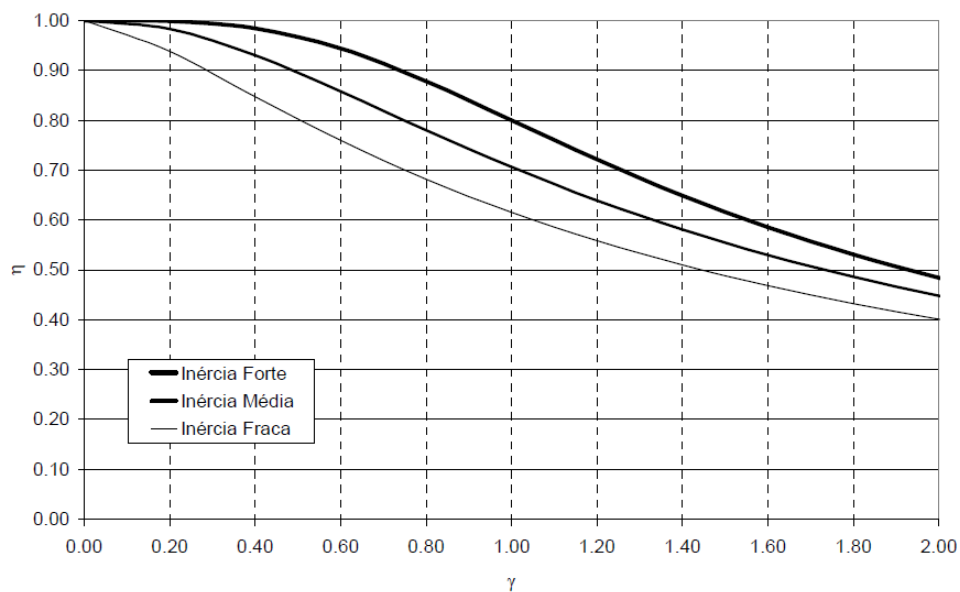


Figura 53- Factor de utilização dos ganhos térmicos (η), em função do parâmetro γ e da classe de inércia

6.4.7 Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N)

O valor máximo admissível das necessidades nominais de aquecimento (N_i) calcula-se em função do factor de forma (FF) do edifício ou fracção autónoma e dos graus-dias na base de 20°C

O factor de forma é o quociente entre o somatório das áreas envolventes exterior (A_{ext}) e interior (A_{int}) do edifício e o respectivo volume interior (V) conforme é possível verificar na expressão 16:

$$FF = \frac{(\sum A_{ext}) + \sum_i(\tau A_{int})_i}{V} = 0,64 \quad (16)$$

Depois de calculado o factor de forma, N_i é obtido pela expressão correspondente. As expressões referidas estão presentes na tabela seguinte.

Tabela 6– Fórmulas de cálculo de Ni consoante o valor de FF (factor de forma)

$FF \leq 0,5$	$Ni = 4,5 + 0,0395 GD$
$0,5 \leq FF \leq 1$	$Ni = 4,5 + 0,021 + 0,037 FF GD$
$1 \leq FF \leq 1,5$	$Ni = 4,5 + 0,021 + 0,037 FF GD (1,2 - 0,2 FF)$
$FF \geq 1,5$	$Ni = 4,05 + 0,06885 GD$

6.4.8 Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc)

A metodologia de cálculo proposta das (Nvc) é muito semelhante à metodologia de cálculo para as necessidades de aquecimento, mas com algumas adaptações para o Verão. Por oposição à situação de Inverno, neste caso os ganhos não-úteis são os que originam a necessidade de arrefecimento como podemos ver na figura 50:

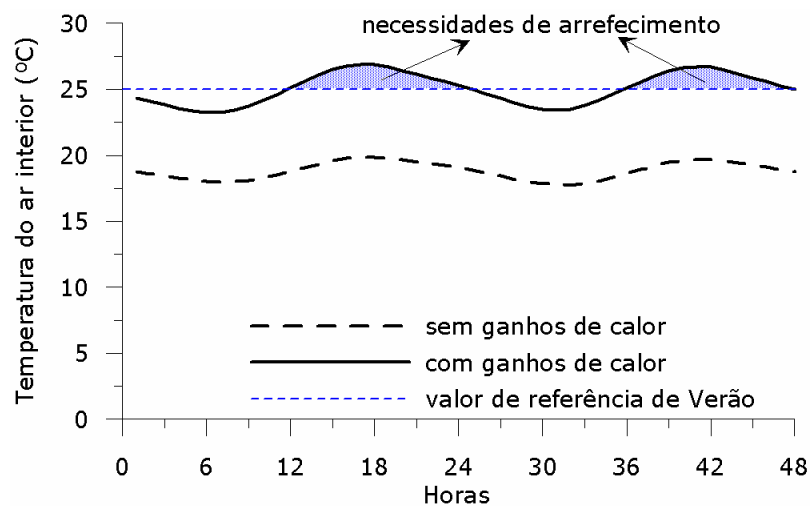


Figura 54- Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de arrefecimento [31]

As necessidades de arrefecimento são calculadas com recurso à expressão 17:

$$Nvc = \frac{Qg (1 - \eta)}{Ap} = 8,90 \quad (17)$$

Onde:

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

(1 - η) - Factor de utilização dos ganhos solares e internos na estação de arrefecimento, (η arref)

Ap - Área útil de pavimento da fracção autónoma (m²)

Qg – Ganhos térmicos totais brutos da fracção autónoma ou edifício (kWh/ano)

Os ganhos térmicos brutos são compostos por 4 componentes:

- Cargas térmicas resultantes da diferença de temperatura entre o interior e o exterior de edifícios e da incidência da radiação solar na envolvente opaca exterior (Qopaco).
- Cargas térmicas resultantes da incidência da radiação solar na envolvente transparente (Qs)
- Cargas térmicas resultantes da renovação de ar (Qv)
- Cargas térmicas resultantes de fontes internas ao edifício (Qi)

Cargas Térmicas através da Envolvente Opaca, Q_{OPACO}

As cargas através da envolvente opaca exterior resultam dos efeitos combinados da temperatura do ar exterior T_{atm} e da radiação solar incidente G. Para o seu cálculo, se adopta uma metodologia simplificada baseada na “temperatura ar-Sol”, que, consoante a sua orientação, se traduz na seguinte expressão 18:

$$Q_{opaco} = U.A.(\theta_{atm} - \theta_i) + U.A. \left(\frac{\alpha.G}{h_e} \right) \quad [W] \quad (18)$$

Onde:

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial do elemento envolvente (W/m²)

A – Área do elemento da envolvente (m²)

θ_{atm} – Temperatura do ar exterior (°C)

θ_i – Temperatura interior referência no Verão (25 °C)

α - Coeficiente de absorção solar da superfície exterior da parede

G – Intensidade de radiação solar instantânea incidente em cada orientação (W/m²)

h_e – Condutância térmica superficial exterior elemento que toma o valor de 25 W/m² °C

Para calcular os ganhos pelos vãos envidraçados adopta-se a mesma metodologia definida para a situação de Inverno:

$$Q_s = \sum_j [I r_j \sum_n A_{snj}] \quad [W] \quad (19)$$

Tal como para o cálculo anterior, o cálculo das cargas térmicas resultantes de fontes internas e das cargas com origem na renovação de ar é feito da mesma forma que na estação de aquecimento.

6.4.9 Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (*Nv*)

Os valores máximos para as necessidades de arrefecimento dependem exclusivamente da zona climática de Verão em que o edifício ou fracção autónoma se encontram. Os valores são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 7 - Necessidades nominais de referência de arrefecimento (*Nv*)

V1 (Norte)	<i>Nv=16</i> <i>kWh/m2.ano</i>	V1 (Sul)	<i>Nv=22</i> <i>kWh/m2.ano</i>
V2 (Norte)	<i>Nv=18</i> <i>kWh/m2.ano</i>	V2 (Sul)	<i>Nv=32</i> <i>kWh/m2.ano</i>
V3 (Norte)	<i>Nv=26</i> <i>kWh/m2.ano</i>	V3 (Sul)	<i>Nv=32</i> <i>kWh/m2.ano</i>

6.4.10 Necessidades nominais anuais de energia útil na preparação de AQS (*Nac*)

Como está descrito no Anexo VI do RCCTE, as necessidades anuais de energia útil para preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS), *Nac*, são calculadas através da expressão 20:

$$Nac = \frac{(Qa/\eta_a - Esolar - Eren)}{Ap} = 18,03 \quad (20)$$

Onde:

N_{ac} - Necessidades nominais anuais de energia útil para a preparação de AQS (kWh/m².ano)

Q_a – Energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (kWh/ano)

η_a – Eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia

E_{solar} – Contribuição de sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de AQS (kWh)

E_{ren} – Contribuição de quaisquer formas de energia renováveis para preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais (kWh)

A_p – Área útil de pavimento (m²)

A eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS, η_a , é definida pelo respectivo fabricante. Na ausência dessa informação, devem-se utilizar os valores convencionais indicados no Quadro VI.3.

A energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a), é calculada em função do período de utilização do sistema, sendo expresso pela expressão 21:

$$Q_a = \frac{M_{aqs} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600000} = 3056 \quad (\text{kWh/ano}) \quad (21)$$

Onde:

M_{aqs} - Consumo médio diário de referência de AQS (litros). Nos edifícios residenciais, $M_{AQS} = 40 \cdot n^\circ$ de ocupantes (o número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma está definido no Quadro VI.1)

ΔT – Aumento de temperatura necessário para preparação de AQS (45°C);

n_d – Número anual de dias de consumo (dias).

O cálculo do E_{solar} deve ser efectuado recorrendo ao software SOLTERM do INETI. A contribuição de sistemas solares só pode ser contabilizada, para efeitos do RCCTE, se os sistemas ou equipamentos forem certificados de acordo com as normas e legislação em vigor, instalados por instaladores acreditados pela DGGE, e se existir a garantia de manutenção do sistema em funcionamento durante um período mínimo de 6 anos após a instalação.

Finalmente, o parâmetro relativo à utilização de energias alternativas de carácter renovável (Eren), em que se admite a contribuição de outros sistemas para as AQS, nomeadamente, painéis fotovoltaicos, recuperadores de calor de equipamentos ou fluidos residuais, desde que os sistemas referidos forneçam energia equivalente numa base anual igual ou superior à dos sistemas colectores solares térmicos (RCCTE, Anexo VI, Secção 5).

6.4.11 Limitação das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS (N_a)

O limite máximo admissível das necessidades de energia para preparação de AQS (N_a) é calculado em função do consumo médio diário de AQS ($MAQS$), do número anual de dias de consumo de AQS (nd) e da área útil de pavimento (A_p), sendo que a relação entre estes parâmetros é dada por pela expressão 22:

$$N_a = \frac{0,081 MAQS nd}{A_p} = 20,93 \text{ (kWh/m}^2\text{.ano)} \quad (22)$$

6.4.12 Necessidades globais anuais nominais de energia primária (N_{tc})

As necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária N_{tc} de uma fracção autónoma são calculadas com base na seguinte expressão 23: (RCCTE, Capítulo V, Art. 15°, Secção 4)

$$N_{tc} = 0,1 \cdot \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i}\right) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v}\right) \cdot F_{puv} + N_a \cdot F_{pua} = 2,2 \quad (23)$$

Onde:

N_{tc} - Necessidades globais anuais nominais de energia primária (kgep/m².ano);

N_{ic} - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano);

η_i - Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento;

F_{pui} - Factor de conversão de energia útil de aquecimento para energia primária (kgep/kWh);

N_{vc} - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano);

η_v - Eficiência nominal dos equipamentos para arrefecimento;

F_{puv} - Factor de conversão de energia útil de arrefecimento para energia primária (kgep/kWh);

N_{ac} – Necessidades anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias (kWh/m².ano);

F_{pu} - Factor de conversão de energia útil de águas quentes sanitárias para energia primária (kgep/kWh).

Os factores de conversão de energia útil para energia primária são os seguintes:

Electricidade: F_{pu}= 0,290 kgep/kWh

Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: F_{pu}= 0,086 kgep/kWh

6.4.13 Limitação das necessidades globais anuais nominais de energia primária (*N_t*)

O cálculo das *N_t*, depende exclusivamente dos valores máximos admissíveis das necessidades de aquecimento (*N_i*), arrefecimento (*N_v*) e preparação de AQS (*N_a*), tal como se pode verificar pela seguinte equação 24:

$$N_t = 0,9 \cdot (0,01 \cdot N_i + 0,01 \cdot N_v + 0,15 \cdot N_a) = 3,68 \quad (24)$$

Onde:

N_t - Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (kgep/m².ano);

N_i - Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de aquecimento (kWh/m².ano);

N_v - Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de arrefecimento (kWh/m².ano);

N_a - Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de preparação de AQS (kWh/m².ano).

7. Softwares Utilizados

Para validar os valores obtidos através do cálculo analítico para o caso prático foi necessário recorrer dois softwares diferentes, o Cypeterm e o RCCTE – STE. As suas características bem como os resultados obtidos com ambos são explanados neste capítulo.

7.1 Cypeterm

O software foi desenvolvido especificamente para Portugal, com o objectivo de dar resposta ao projecto de verificação das características de comportamento térmico dos edifícios de acordo com o Decreto-Lei n.º 80/2006, Nota Técnica NT-SCE-01 (Despacho n.º 11020/2009) e Perguntas e Respostas publicadas pela ADENE.

O utilizador define graficamente a obra num modelo tridimensional com recurso à arquitectura do edifício, de uma forma prática e intuitiva e, já possui os dados climáticos para as diversas regiões, pelo que apenas é necessário indicar a localização da obra.

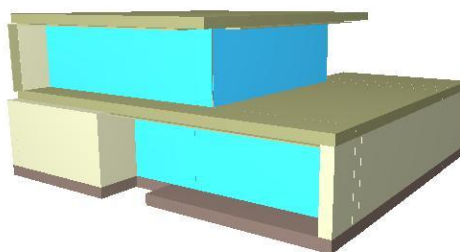


Figura 55- Imagem tridimensional do edifício do caso prático modulado no Cypeterm

As paredes exteriores e interiores são os primeiros itens a serem introduzidos, de seguida os pavimentos e coberturas e por fim os envidraçados, tudo isto graficamente. Passa-se à descrição dos compartimentos que fundamentalmente se distinguem entre locais úteis e não úteis, premindo sobre os espaços delimitados pelas paredes. Torna-se então necessário agrupar os diversos compartimentos em fracções autónomas. Neste ponto definem-se dados de

equipamentos e a contribuição de energias renováveis e de ventilação. Também é possível obter uma imagem da trajectória solar para decidir qual a correcta orientação do edifício.

O software calcula e verifica automaticamente diversos dados, tais como coeficientes de transmissão térmica, áreas úteis, áreas por orientação, factores solares, factores de obstrução, consumos de AQS, inércia térmica, requisitos mínimos, entre outros e permite obter listagens justificativas do cálculo, de medição e descrição dos elementos utilizados no cálculo.

Tendo em conta estas características, e visto que o software foi disponibilizado gratuitamente pela empresa depois de uma apresentação sobre o mesmo a escolha para a modelação 3D e posterior certificação energética parecia ser a mais acertada. Apesar, de o programa se revelar bastante intuitivo depois de comparadas as necessidades energéticas do edifício obtidas com o Cypeterm com as necessidades obtidas através do cálculo analítico, chega-se à conclusão que as diferenças entre as necessidades de arrefecimento são demasiado grandes para serem aceitáveis.

Tabela 8– Comparação entre os valores obtidos pelo Cypeterm e Cálculo Analítico

	Nic	Nvc	Nac
Cypeterm	76,85	3,74	18,03
Cálculo Analítico	76,53	8,90	18,03
Diferença	-0,40%	57,98%	0,00%

Obviamente que um valor de 58% de diferença para os valores de Nvc não é aceitável. Depois de analisados ambos os processos de cálculo, é possível verificar que esta diferença, é essencialmente provocada pela diferença obtida no factor de utilização dos ganhos solares, pois o Cypeterm considera que a inércia térmica do edifício é forte quando na realidade a mesma é média apesar de o valor ser de 397 kg/m² muito perto do valor que serve de fronteira entre ambos os tipos de inércia que é de 400 kg/m².

É possível, exportar o edifício para o software EnergyPlus que irá calcular as necessidades energéticas do edifício para cada mês e para cada compartimento do mesmo, permitindo identificar as zonas onde as referidas necessidades são maiores e se necessário efectuar alterações ao projecto do edifício.

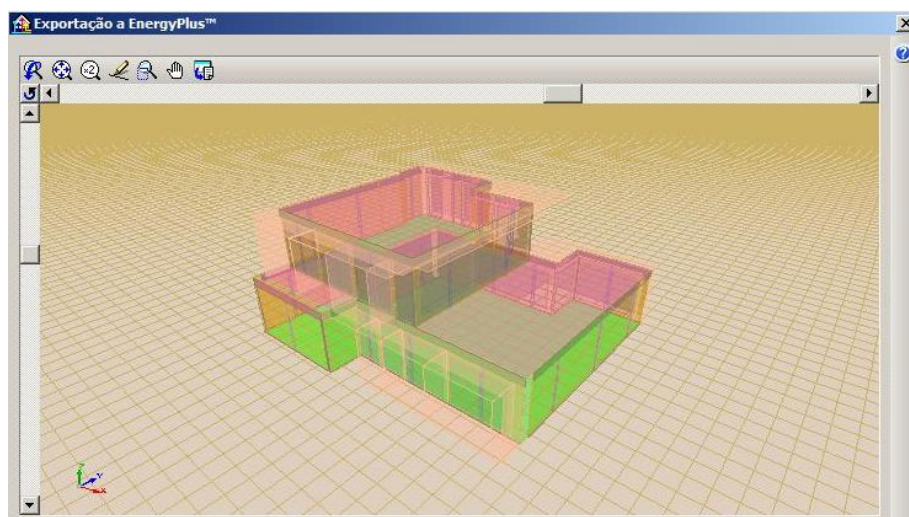
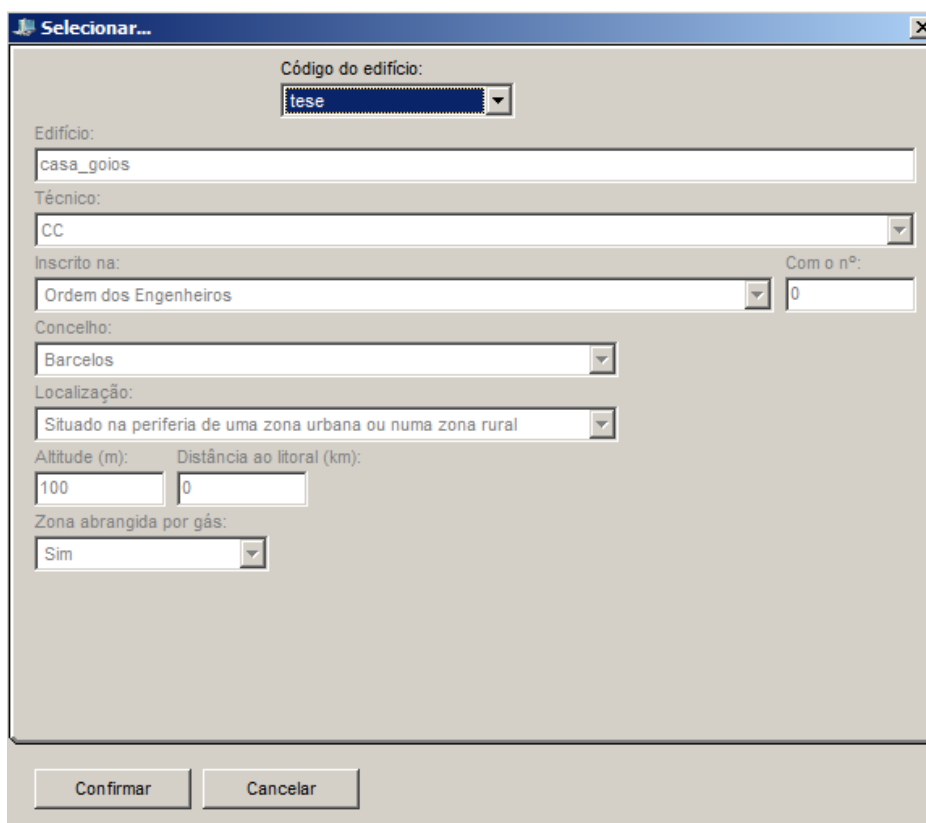


Figura 56- Exportação para o EnergyPlus

7.2RCCTE-STE

O RCCTE-STE é um programa de aplicação da metodologia de cálculo RCCTE e da metodologia de simulação dinâmica simplificada, presente no RSECE, respeitante a edifícios de habitação com potência instalada superior a 25kW ou aos pequenos edifícios de serviços. Criado pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), este software tira partido de um interface bastante simples, onde é compilada toda a informação referente à fracção em estudo, como por exemplo, todas as características dimensionais e geográficas da fracção, e todas as propriedades dos elementos que fazem parte da sua envolvente. Numa primeira fase o RCCTE-STE solicita informações baseadas na localização geográfica, tipo de fracção, tipologia da fracção, tipo de sistema de climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS), e se o processo de ventilação da fracção se executa de forma natural ou mecânica. De seguida, são então solicitadas as informações acerca da caracterização geométrica e das propriedades dos elementos que compõem a envolvente da fracção. As duas próximas figuras, retiradas da interface do software, representam respectivamente estas duas fases.



The screenshot shows a dialog box titled "Selecionar...". It contains the following fields and controls:

- Código do edifício:** A dropdown menu with the value "tese" selected.
- Edifício:** A text input field containing "casa_goios".
- Técnico:** A dropdown menu with the value "CC" selected.
- Inscrito na:** A dropdown menu with the value "Ordem dos Engenheiros" selected.
- Com o nº:** A text input field containing "0".
- Concelho:** A dropdown menu with the value "Barcelos" selected.
- Localização:** A dropdown menu with the value "Situado na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural" selected.
- Altitude (m):** A text input field containing "100".
- Distância ao litoral (km):** A text input field containing "0".
- Zona abrangida por gás:** A dropdown menu with the value "Sim" selected.

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Confirmar" and "Cancelar".

Figura 57 – Seleção do edifício no software RCCTE - STE

Com base nestas informações o software realiza, de modo automático, o cálculo de verificação do RCCTE. Como output, para além das fichas exigidas pelo regulamento onde fica, ou não, comprovada a conformidade regulamentar da fracção, é fornecido um conjunto de quadros que reúne toda a informação introduzida e ilustra de que modo é que a mesma foi utilizada.

Como principais vantagens apontam-se características como a facilidade de utilização, a possibilidade de guardar bases de dados relativas a cada projecto, output simples e de fácil compreensão e, no caso de estarmos perante um edifício com várias fracções, a possibilidade de introduzir os seus parâmetros comuns uma só vez.

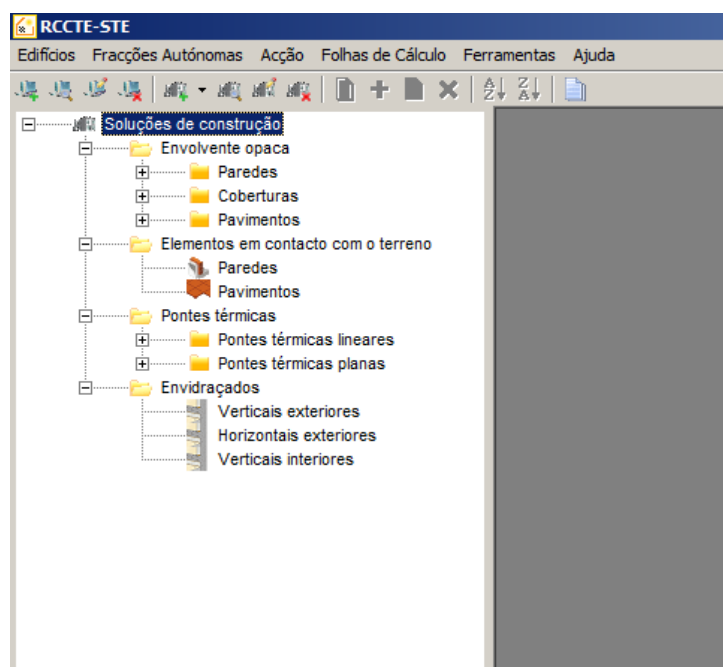


Figura 58 – Ambiente de trabalho do software RCCTE - STE

Como desvantagens assinalam-se, por exemplo, a complexidade dos códigos utilizados para identificar as soluções construtivas, ou a impossibilidade de executar uma simulação dinâmica multi-zona para casos como os grandes edifícios de serviços. Existe porém uma desvantagem que o torna pouco adequado ao estudo que aqui se pretende executar. Este software não apresenta informações relativas ao processo de cálculo, muitas vezes nem sequer se sabe ao certo de que modo serão utilizados os dados nele inseridos. No fundo, sendo o objectivo entender a forma como, baseado nas equações fornecidas pelo regulamento, a análise térmica da fracção é executada, o RCCTE-STE revelasse, de certa forma, uma fonte fechada e pouco acessível.

Em oposição ao caso do Cypeterm, na utilização deste software os valores obtidos foram similares aos do cálculo analítico como podemos ver na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação entre os valores obtidos pelo RCCTE-STE e Cálculo Analítico

	Nic	Nvc	Nac
RCCTE - STE	76,41	8,83	18,03
Cálculo Analítico	76,53	8,90	18,03
Diferença	0,16%	0,79%	0,00%

Depois de calculadas as necessidades energéticas do edifício, foi forçada a passagem para o RSECE para que o programa calcule a potência máxima e instalar e a potência nominal de simulação. Isto foi possível, porque a potência inicial do sistema de climatização era superior a 25 kW.

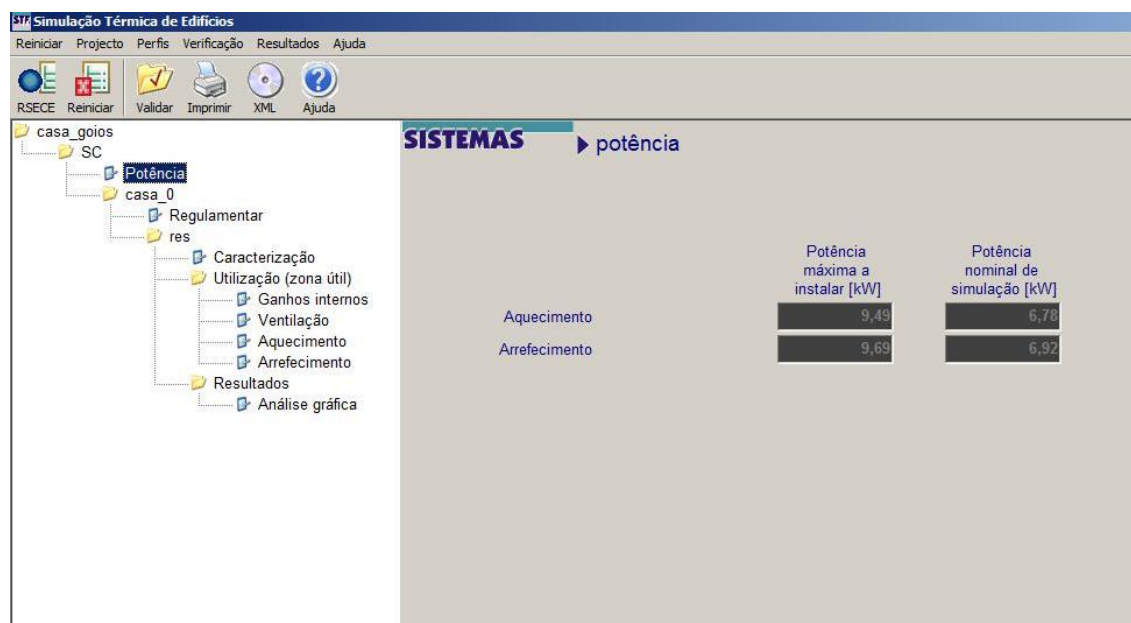


Figura 59 - Potência máxima e instalar e a potência nominal de simulação

Também, é possível obter um gráfico com as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento numa base mensal. Como é possível ver na Figura 60, de acordo com a semana seleccionada é mostrada a temperatura para o interior da habitação e do ar ambiente numa base horária.

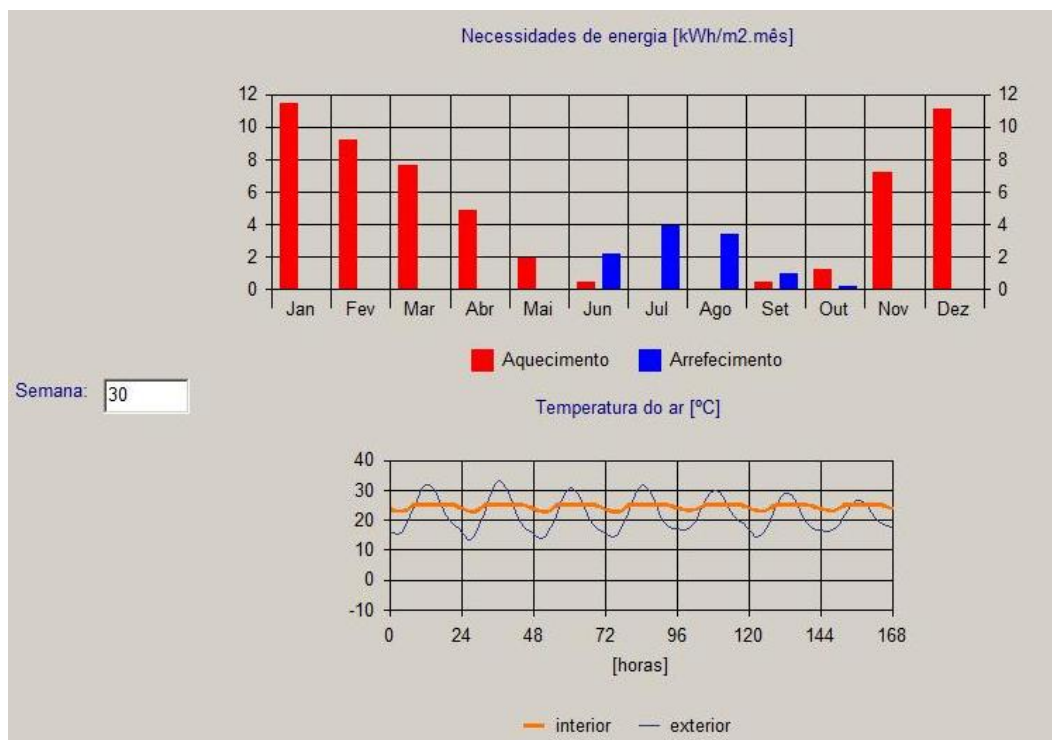


Figura 60 – Necessidades energéticas e temperatura do ar interior e exterior

7.2.1 Parâmetros alterados

Para melhor entender a influência da zona climática do edifício, a importância das características dos envidraçados e do seu sombreamento, utilizou-se este software para fazer uma comparação entre várias situações apresentadas a seguir:

- Zona climática (I1-V1 Sintra, I2-V2 Valença, I3-V3 Valpaços)
- Sombreamento (100%, 50%, 200% do comprimento original)
- Envidraçados (simples, actual, triplo)

Vidro simples – Composto por um vidro de 4 milímetros de espessura com $U = 5,5$ $W/m^2.K$ e factor solar de 0,88.

Vidro triplo -Trata-se de um painel de 35 milímetros, composto por um temperado externo cinza de oito milímetros + câmara de oito milímetros com tela metálica perfurada de dois

milímetros + vidro incolor de cinco milímetros + câmara de seis milímetros + vidro laminado interno incolor de seis milímetros. $U= 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e factor solar de 0,17.

Comparação de resultados

Em seguida é apresentada a comparação entre um caso genérico e diferentes zonas climáticas, comprimento das palas que originam o sombreamento e tipos de envidraçados. Esta comparação é importante para perceber a importância da zona climática nas necessidades de aquecimento e arrefecimento e as alterações ao projecto que são necessárias fazer fruto da alteração das condições climáticas. Como é possível observar no caso genérico as Nic estão muito próximos do máximo regulamentar o que leva a que no mesmo edifício quando existe uma maior necessidade de aquecimento o mesmo não cumpra o limite imposto pelo RCCTE mesmo que esse limite seja superior. Quanto às necessidades de arrefecimento, na situação em que o edifício é colocado nas zonas I1 e I3 existe um aumento considerável das mesmas que é consequência da diminuição das perdas térmicas que leva a que seja necessário fornecer maior energia para atingir a temperatura de referência.

	Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv
	kWh/m ² .ano			kWh/m ² .ano		
Barcelos	76,41	78,67	0,97	8,83	16	0,55
I1_V1	35,06	47,39	0,74	14,97	22	0,68
I2_V2	94,79	88,95	1,07	9,69	18	0,54
I3_V3	137,63	119,33	1,15	20,46	26	0,79

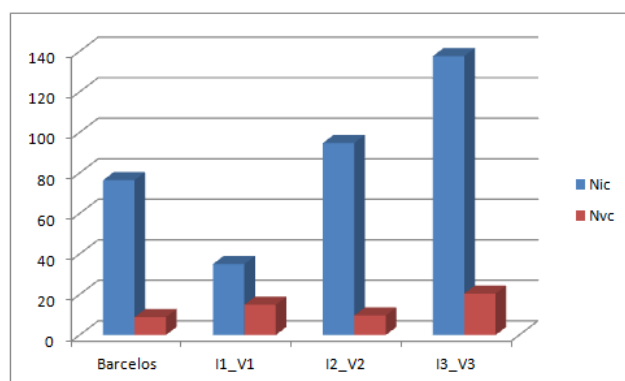


Figura 61- Impacto da variação da zona climática no caso prático

Nesta situação, é feita uma comparação entre as Ni e Nvc para diferentes comprimentos de sombreamento. Neste exemplo, é utilizado metade, o dobro e o comprimento original das palas que originam o sombreamento sobre os vãos envidraçados. Quando se diminui o sombreamento, as necessidades de aquecimento vão diminuir e as de arrefecimento vão aumentar consequência de nesta situação os ganhos solares aumentarem. Se o sombreamento

for aumentado verifica-se a situação inversa neste caso porque os ganhos solares vão diminuir, chegando mesmo ao ponto em que na estação de aquecimento a fracção autónoma não cumpra os limites estabelecidos pelo RCCTE.

	Nic kWh/m ² .ano	Ni kWh/m ² .ano	Nic/Ni	Nvc kWh/m ² .ano	Nv	Nvc/Nv
Barcelos	76,41	78,67	0,97	8,83	16	0,55
Somb_0,5	72,02	78,67	0,92	10,96	16	0,69
Somb_2	80,34	78,67	1,02	7,59	16	0,47

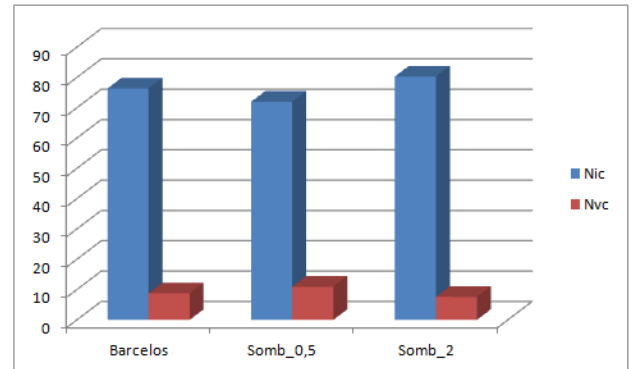


Figura 62 - Impacto da variação do comprimento do sombreamento no caso prático

Por fim, temos o caso em que para o mesmo edifício foram utilizados diferentes tipos de envidraçados. Um vidro simples, um vidro e o vidro duplo que faz parte do projecto original do caso prático. Devido a serem utilizados envidraçados com características muito díspares, as diferenças obtidas em comparação com o caso prático vão ser substanciais. Quando é utilizado um vidro simples as necessidades de aquecimento aumento quase para o dobro o que faz com que o edifício não cumpra o RCCTE, enquanto que na situação de Verão as necessidades até diminuem pois devido às características do vidro o calor atravessa-o mais facilmente levando a que seja necessário fornecer menos energia para arrefecimento. Na situação em que se utiliza um vidro triplo verifica-se o oposto, pois o vidro oferece grande resistência à passagem do calor.

	Nic kWh/m ² .ano	Ni kWh/m ² .ano	Nic/Ni	Nvc kWh/m ² .ano	Nv	Nvc/Nv
Barcelos	76,41	78,67	0,97	8,83	16	0,55
Vidro_simples	139,37	78,67	1,77	7,61	16	0,48
Vidro_triplo	47,8	78,67	0,61	11,02	16	0,69

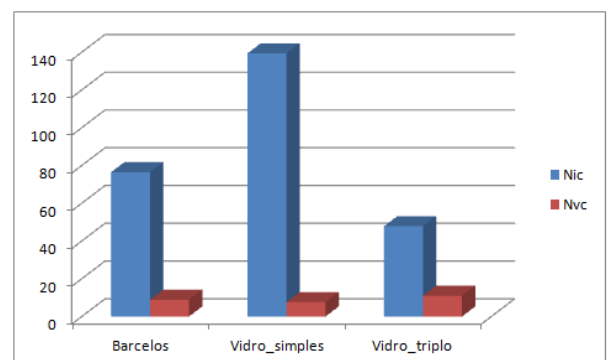


Figura 63 - Impacto da variação das características dos envidraçados no caso prático

8. Programa Excel

Neste capítulo, será feita a demonstração da aplicação criada, onde é possível perceber como a mesma foi construída e como se processa o seu manuseamento. A utilização desta ferramenta, tem como principais objectivos proporcionar ao utilizador uma forma expedita de poder comparar os diversos factores que influenciam o comportamento térmico de um edifício bem como efectuar uma comparação entre os diferentes tipos de equipamentos de climatização e os seus custos de utilização tendo em conta a previsão dos preços dos combustíveis realizada anteriormente, comparar também as emissões de CO₂ e o consumo equivalente em energia primária.

8.1 Excel

Para a construção desta ferramenta foi utilizado o Microsoft Office Excel, pois é facilmente personalizável apresentando um interface bastante intuitivo. A sua grande disseminação pelo mundo dos computadores pessoais também foi um factor relevante na escolha, pois a informação que contem pode ter de ser alvo de alterações e como o manuseamento é familiar a um grande número de pessoas torna essa tarefa mais fácil.

Esta aplicação é composta por 12 folhas, sendo que para ser mais simples a sua utilização 5 deles não estarão visíveis pois apenas contém cálculos secundários.

Utilizando o programa

Para iniciar a aplicação não é necessária qualquer instalação, desde que o Microsoft Office Excel faça parte do software do PC.

8.2 Início

Avaliação do impacto de sistemas activos na climatização de edifícios residenciais

Localidade

Concelho

Altitude m

Distância à costa km

Zona climática de Inverno

Graus-dia de aquecimento °C.dia

Zona climática de Verão

Prazo de Retorno anos

Figura 64- Folha inicial do programa

Nesta folha são definidos parâmetros como o concelho, a altitude, a distância à costa bem como o prazo de retorno, prazo este que vai ser considerado para calcular o custo de utilização dos equipamentos. A escolha do concelho, devolve a zona climática de Verão e de Inverno, bem como os graus-dia de aquecimento, dados estes que estão armazenados nas seguintes folhas da Figura 65 e Figura 66. O programa já inclui dados pré-definidos que foram utilizados no cálculo do caso prático.

Altitude (m), Z = 120		Zonamento climático de Inverno - Estação de aquecimento									
Distância à costa (km) = 40		Valores não corrigidos			Correcção em função da distância à costa			Correcção em função da altitude			Radiação solar
Concelho	Localização	Zona Climática (°C.dias)	GD (meses)	M	Zona Climática (°C.dias)	GD (meses)	M	Zona Climática (°C.dias)	GD (meses)	M	Gsol kWh/m2.mês
ALENQUER	Norte	I1	1410	5,7	I1	1410	5,7	I1	1410	5,7	108
ALFANDEGA DA FÉ	Norte	I3	2340	7,7	I3	2340	7,7	I3	2340	7,7	90
ALIÓ	Norte	I3	2500	7,0	I3	2500	7,0	I3	2500	7,0	90
ALJEZUR	Sul	I1	1120	5,3	I1	1120	5,3	I1	1120	5,3	108
ALJUSTREL	Sul	I1	1260	5,7	I1	1260	5,7	I1	1260	5,7	108
ALMADA	Sul	I1	1160	5,3	I1	1160	5,3	I1	1160	5,3	108
ALMEIDA	Norte	I3	2540	7,7	I3	2540	7,7	I3	2540	7,7	90
ALMEIRIM	Sul	I1	1340	5,7	I1	1340	5,7	I1	1340	5,7	108
ALMODOVAR	Sul	I1	1390	5,7	I1	1390	5,7	I1	1390	5,7	108
ALPIARÇA	Sul	I1	1360	5,7	I1	1360	5,7	I1	1360	5,7	108
ALTER DO CHÃO	Sul	I1	1340	6,0	I1	1340	6,0	I1	1340	6,0	108
ALVAIÁZERE	Norte	I2	1810	6,0	I2	1810	6,0	I2	1810	6,0	93
ALVITO	Sul	I1	1220	5,3	I1	1220	5,3	I1	1220	5,3	108
AMADORA	Sul	I1	1340	5,7	I1	1340	5,7	I1	1340	5,7	108
AMARANTE	Norte	I2	2040	6,7	I2	2040	6,7	I2	2040	6,7	93
AMARES	Norte	I2	1690	7,0	I2	1690	7,0	I2	1690	7,0	93
ANADIA	Norte	I1	1460	6,3	I1	1460	6,3	I1	1460	6,3	108

Figura 65– Folha da Zona climática de Inverno

Altitude (m), Z = 120		Zonamento climático de Verão - Estação de arrefecimento										R	
Distância à costa (km) = 40		Valores não corrigidos		Correcção por distância à costa		Correcção por altitude		Temp. Média ambiente	Radiação solar Ir				
Concelho	ocalização	Zona	mp. exterior	Zona	Text	Zona	Text	Tatm	kWh / m2				
		Climáticae projecto		Climática		Climática		°C	N	NE	E	SE	
		(°C)		(°C)		(°C)							
...	
ABRANTES	Norte	V3-N	36	V3-N	36	V3-N	36	22	200	320	450	460	
ÁGUEDA	Norte	V1-N	31	V1-N	31	V1-N	31	19	200	300	420	430	
AGUIAR DA BEIRA	Norte	V2-N	32	V2-N	32	V2-N	32	19	200	320	450	470	
ALANDROAL	Sul	V3-S	36	V3-S	36	V3-S	36	23	210	330	460	460	
ALBERGARIA-A-VELHA	Norte	V1-N	30	V1-N	30	V1-N	30	19	200	300	420	430	
ALBUFEIRA	Sul	V2-S	33	V2-S	33	V2-S	33	23	200	340	470	460	
ALCÁCER DO SAL	Sul	V3-S	35	V3-S	35	V3-S	35	23	210	330	460	460	
ALCANENA	Norte	V2-N	33	V2-N	33	V2-N	33	19	200	320	450	470	
ALCOBAÇA	Norte	V1-N	29	V1-N	29	V1-N	29	19	200	300	420	430	
ALCOCHETE	Sul	V3-S	34	V3-S	34	V3-S	34	23	210	330	460	460	
ALCOUTIM	Sul	V3-S	34	V3-S	34	V3-S	34	23	210	330	460	460	
ALENQUER	Norte	V2-N	33	V2-N	33	V2-N	33	19	200	320	450	470	
ALFANDEGA DA FÉ	Norte	V2-N	33	V2-N	33	V2-N	33	19	200	320	450	470	
ALIJÓ	Norte	V3-N	34	V3-N	34	V3-N	34	22	200	320	450	460	
ALIEZUR	Sul	V1-S	30	V1-S	30	V1-S	30	21	200	310	420	430	
ALJUSTREL	Sul	V3-S	35	V3-S	35	V3-S	35	23	210	330	460	460	

Figura 66- Folha da Zona climática de Verão

8.3 Nic Nvc

Seleccionando a folha “*Nic Nvc*”, onde é possível alterar todos os parâmetros que tem influência tanto no cálculo das necessidades de aquecimento como de arrefecimento. É também feita uma comparação deste valores com os limites máximos para cada situação e se a fracção autónoma cumpre o RCCTE.

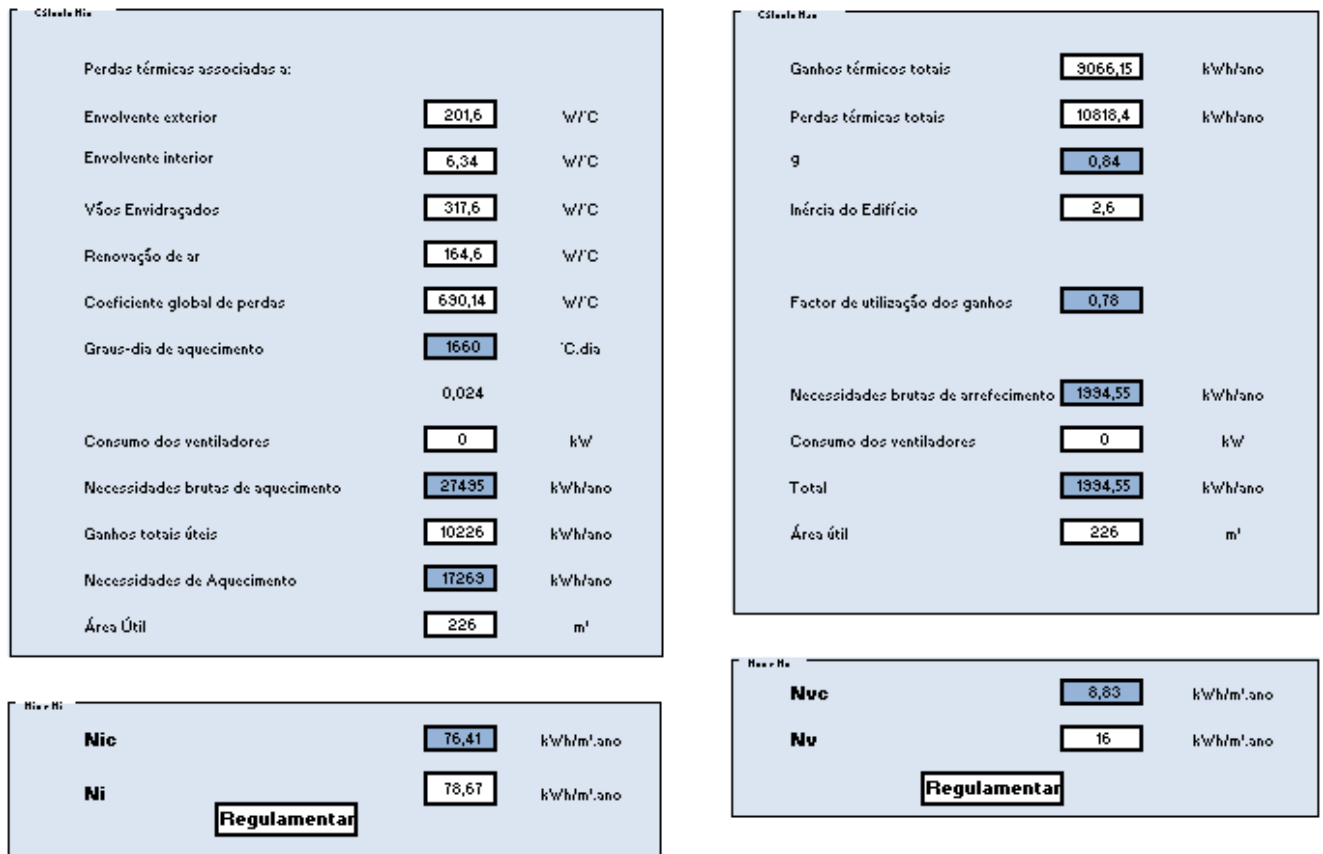


Figura 67- Folha Nic Nvc

8.4 Aquecimento

A folha seguinte é dedicada ao cálculo do custo do aquecimento. Partindo das necessidades nominais de aquecimento, chega-se às necessidades energéticas em [kWh] que servirá de base para que seja comparado o custo de cada combustível ao longo dos anos pré-definidos na página inicial. Está definido um “Preço actual” para os combustíveis mas é possível alterar esse valor conforme se vai desenrolando o mercado das ‘commodities’. Outro parâmetro que pode variar é o “Rendimento da conversão energética”, pois depende do equipamento escolhido e da sua eficiência. Na mesma tabela, são devolvidos os valores do custo médio anual em euros, o consumo de energia anual, a sua conversão para energia primária e a emissão de CO2 resultante da utilização do tipo de energia correspondente. Em último, é feita uma comparação baseado no custo anual em que ‘A’ representa o combustível mais económico e ‘I’ o mais dispendioso.

Necessidade de Aquecimento		Área Útil		N.º de horas que trabalha por dia		Potência máxima a instalar	
76,41	kWh/m².ano	226	m²	24	10	10,00	kW

Comparação dos custos das energias	Preço actual		Rendimento da conversão energética	Custo médio anual em €	Consumo de energia anual		Consumo Energia Primária (kpeg/m².ano)	Emissão de CO2 (ton)	Performance
Gasóleo de Aquecimento	1,06	€/litro	85%	2955	1894	L	0,773	5,794	F
Gás Natural	0,064	€/kWh	92%	2046	18771	kWh	0,714	3,449	E
Gás Propano	1,95	€/kg	89%	4073	1509	kg	0,738	3,663	H
Geotermia			460%	920	3754	kWh	0,482	1,730	B
Bomba de Calor/AC	0,15	€/kWh	400%	1058	4317	kWh	0,554	1,990	C
Electricidade			98%	4317	17622	kWh	2,261	8,121	I
Pellets	0,26	€/kg	90%	1338	3993	kg	0,730	0,732	D
Lenha	0,1	€/kg	80%	796	5305	kg	0,821	0	A
Butano	1,6	€/kg	89%	3592	1529	kg	0,738	4,280	G

Figura 68 - Folha 'Aquecimento'

Todos os cálculos auxiliares necessários para chegar aos resultados apresentados e cima estão na folha "CalcAq" que não se encontra visível no programa e é apresentada em seguida.

$$\text{Consumo anual energia } Aq[\text{kW}] = Naq[\text{kWh/m}^2.\text{ano}] * Au[\text{m}^2] * 3600$$

Naq	76,4123
Au	226

CA Aq ->	62169075	kW
CA Aq ->	17269,188	kWh

gas natural	0,0641 euros/kWh
-------------	------------------

densidade gasoleo 0,9 kg/dm³

nº de anos	10
------------	----

	Butano	Propano	Gasóleo	Pellet	Lenha	Electricidade	BdC	Geo	GN
Preço inicial P/litro ou kg ou kWh	1,6	1,95	1,06	0,26	0,1	0,15	0,15	0,15	0,064
Preço ao fim do n.º de anos	3,1	3,45	2,06	0,41	0,2	0,34	0,34	0,34	0,154
Custo combustivel	23,5	27	15,6	3,35	1,5	2,45	2,45	2,45	1,09
nº de litros/kg consumidos	1528,5097	1508,7	1894,33	3992,88	5304,53	17621,6	4317,3	3754,17	18770,9
Custo total ao longo n.º anos	35919,978	40734,9	29551,6	13376,1	7956,79	43173	10577	9197,72	20460
Custo médio por ano	3591,9978	4073	2955,16	1338	795,679	4317	1058	920	2046
PCI[kJ]	45700	46300	42900	17300	14650				45100
Preço [€/kWh]	0,2080004	0,236	0,171	0,077	0,046	0,250	0,061	0,053	0,118

Figura 69- Folha "CalcAq"

8.5 Arrefecimento

O cálculo para o arrefecimento é obtido usando um processo análogo ao utilizado para o aquecimento. A principal diferença prende-se com o facto de para arrefecer a fracção autónoma apenas é utilizada electricidade contrastando com a grande variedade de fontes energéticas que são possíveis de utilizar na estação de aquecimento. A folha auxiliar “*CalcArrf*” também é em tudo similar à apresentada anteriormente.

Necessidade de Arrefecimento		Área Útil		N.º de horas que trabalha por dia		Potência máxima a instalar	
8,83	kWh/m ² .ano	226	m ²	24		10,00	kW
				N.º de anos do prazo de amortização			
				10			

Comparação dos custos das energias	Preço actual		Rendimento da conversão energética	Custo médio anual em €	Consumo de energia anual		Consumo Energia Primária (kpeg/m ² .ano)	Emissão de CO2 (ton)	Performance
Geotermia			360%	136	554,0425	kWh	0,071	0,255	A
Bomba de Calor/AC	0,15	€/kWh	300%	163	664,851	kWh	0,085	0,306	B
Electricidade			98%	499	2035	kWh	0,261	0,938	C

Figura 70 - Folha de ‘Arrefecimento’

8.6 AQS

O cálculo das AQS pode ser todo feito integralmente nesta folha, sendo devolvidos os valores das N_{ac} e N_a . Desde a escolha da tipologia da fracção autónoma que vai influenciar o número de ocupantes e o consumo média diário, passando pelo número anual de dias de consumo até à contribuição de sistemas de colectores solares e outras formas de energia, todos estes dados podem ser alterados permitindo uma maior flexibilidade do programa e permitir observar a influência nestes parâmetros no cálculo da classe energética que vai ser efectuado em seguida.

Esta folha contém uma vez mais, uma comparação para os diferentes tipos de energia utilizados, sendo que os parâmetros calculados saem iguais aos referidos anteriormente. Existe também uma folha denominada de “*CalcAQS*”, que contém a diferente informação que é

devolvida aquando da escolha da tipologia e do tipo de equipamento e cálculos secundários referentes à tabela dos custos das energias.

AQS

Tipologia da fracção autónoma	T3	Equipamento utilizado	Termoacumulador a gás com 50 a 100 mm de isolamento
Número de ocupantes	4 pessoas	Eficiência de conversão do equipamento das AQS	0,75
Consumo médio diário de referência de AQS	160 litros	Contribuição do sistema de colectores solares	0 kWh/ano
Aumento de temperatura	45 °C	Contribuição de outra forma de energia	0 kWh/ano
N.º anual de dias de consumo	365 dias	Área útil	226 m²
Energia útil dispendida com sistemas convencionais	3056,51 kWh/ano		

Nac	
18,03	kWh/m².ano

Na	
20,93	kWh/m².ano

Energia total dispendida	
3056,51	kWh/ano

Comparação dos custos das energias	Preço actual		Rendimento da conversão energética	Custo médio anual em €	Consumo de energia anual		Consumo Energia Primária (kpeg/m².ano)	Emissão de CO2 (ton)	Performance
Electricidade	0,15	€/kWh	90%	1109	4528	kWh	5,229	13,851	C
Gás Natural	0,064	€/kWh	75%	483	4430	kWh	1,551	0,814	A
Gás Propano	1,95	€/kg	75%	1141	422	kg	1,551	0,864	D
Butano	1,6	€/kg	75%	1006	428	kg	1,551	1,199	B

Figura 71- Folha 'AQS'

8.7 Custos

Os custos totais englobam o custo inicial, a manutenção e o custo do combustível. No custo inicial é contabilizado a aquisição do equipamento mais a instalação do mesmo com os componentes necessários para obter aquecimento central excepto no caso do ar condicionado, em que várias unidades fazem a climatização da habitação. Estes valores, foram obtidos em [32] e [33] e teve como objectivo fazer uma comparação objectiva utilizando equipamentos de gama média.

Aquecimento					
Equipamento	Custo inicial (aquisição+instalação)	Manutenção	Custo equipamento	Custo combustível	Custo total
Gasóleo de Aquecimento	5600	500	6100	25230	31330
Gás Natural	6000	400	6400	12332	18732
Gás Propano	6000	400	6400	40083	46483
Bomba de calor Geotérmica	14000	200	14200	6808	21008
Bomba de Calor	10000	200	10200	7829	18029
Electricidade	2400	200	2600	31957	34557
Pellets	7000	500	7500	9074	16574
Lenha	6500	400	6900	6087	12987
Butano	6000	400	6400	36703	43103
Ar Condicionado	5000	300	5300	7829	13129

Figura 72 – Custo total do aquecimento

Os equipamentos escolhidos para arrefecer a habitação são todos do tipo reversível pois, essa característica apresenta inúmeras vantagens como o facto de se poupar na aquisição de outro equipamento e que o espaço que este iria ocupar pode ter outra utilização. Um equipamento reversível fica mais barato quando comparado com o custo de um equipamento para aquecimento mais outro para arrefecimento, tendo como principal desvantagem o facto de a sua eficiência ser inferior, diferença esta que tem vindo a diminuir com o avanço da tecnologia

Arrefecimento					
Equipamento	Custo inicial (aquisição+instalação)	Manutenção	Custo equipamento	Custo combustível	Custo total
Bomba de calor Geotérmica	0	0	0	1148	1148
Bomba de Calor	0	0	0	1378	1378
Ar condicionado	0	0	0	4218	4218

Figura 73 – Custo total do arrefecimento

Para a produção de Água Quentes Sanitárias foram previstos os modelos incluídos no RCCTE, sendo que as eficiências dos mesmo foram revistas seguindo a mesma lógica utilizada no aquecimento que é a utilização de equipamentos de gama média.

AQS					
Equipamento	Custo inicial (aquisição+instalação)	Manutenção	Custo equipamento	Custo combustível	Custo total
Termoacumulador eléctrico com pelo menos 100 mm de isolamento	600	40	640	5835	6475
Termoacumulador eléctrico com 50 a 100 mm de isolamento	550	40	590	6159	6749
Termoacumulador eléctrico com menos de 50 mm de isolamento	500	40	540	6929	7469
Termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento	800	80	880	2510	3390
Termoacumulador a gás com 50 a 100 mm de isolamento	750	80	830	2678	3508
Termoacumulador a gás com menos de 50 mm de isolamento	700	80	780	2869	3649
Esquentador a gás	500	100	600	2869	3469
Caldeira mural com pelo menos 100 mm de isolamento	1000	80	1080	2308	3388
Caldeira mural com 50 a 100 mm de isolamento	950	80	1030	2449	3479
Caldeira mural com menos de 50 mm de isolamento	900	80	980	3089	4069

Figura 74 – Custo total das AQS

8.7.1 Preço sem evolução dos combustíveis

Para validar a opção de acompanhar a expectável subida dos combustíveis ao longo do tempo, torna-se indispensável comparar com a situação em que o preço se mantém estável. Como é possível observar nos gráficos seguintes existem diferenças significativas podendo mesmo atingir os 10000€ de diferença como no caso do gás propano utilizado no aquecimento.

Aquecimento

Equipamento	Custo total com evolução dos preços	Custo total sem evolução dos preços	Diferença (%)
Gasóleo de Aquecimento	31330	24172	22,8
Gás Natural	18732	17212	8,1
Gás Propano	46483	34643	25,5
Bomba de calor Geotérmica	21008	19268	8,3
Bomba de Calor	18029	16028	11,1
Electricidade	34557	26389	23,6
Pellets	16574	15765	4,9
Lenha	12987	11674	10,1
Butano	43103	32262	25,2
Ar Condicionado	13129	11128	15,2

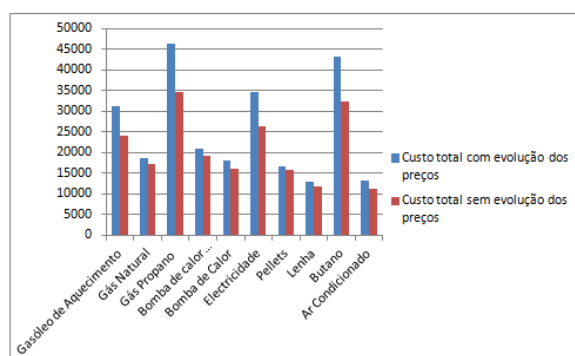


Figura 75- Comparação do custo final do aquecimento com e sem evolução dos preços dos combustíveis

Na Figura 76, A diferença percentual é a mesma, pois a fonte energética é a mesma. A diferença é de 27,6% por isso é aceitável considerar importante a evolução dos preços pois é muito significativa.

Arrefecimento

Equipamento	Custo total com evolução dos preços	Custo total sem evolução dos preços	Diferença (%)
Bomba de calor Geotérmica	1148	831	27,6
Bomba de Calor	1378	997	27,6
Ar condicionado	4218	3053	27,6

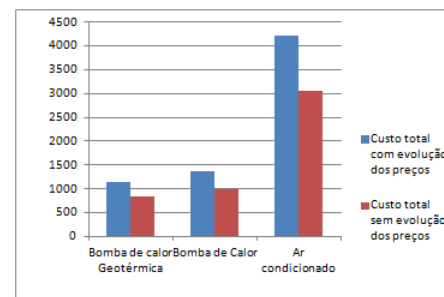


Figura 76- Comparação do custo final do arrefecimento com e sem evolução dos preços dos combustíveis

No caso das AQS, as diferenças percentuais variam bastante, sendo superior no caso da electricidade do que no gás, dependendo também da eficiência dos equipamentos.

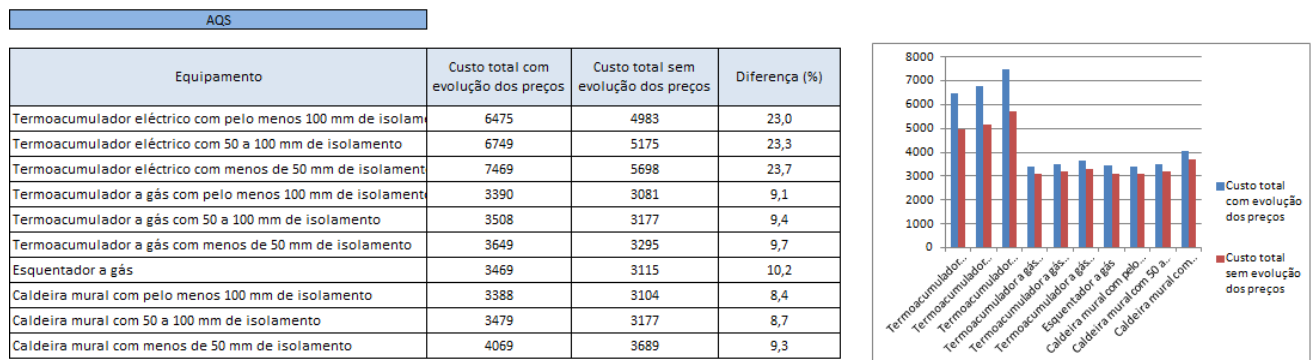


Figura 77 - Comparação do custo final das AQS com e sem evolução dos preços dos combustíveis

8.8 Eprimária

Por fim, a folha referente ao cálculo da energia primária em que é calculado automaticamente o valor das Ntc e Nt e consoante o valor da relação entre ambas é devolvido o valor da classe energética que tem como escala a tabela presente na figura. Quando o valor da mesma se situa entre A+ e B- a fracção autónoma encontra-se regulamentar, caso a classe energética for C ou inferior a referida fracção não cumpre o limite imposto para as necessidades de energia primária segundo o RCCTE.

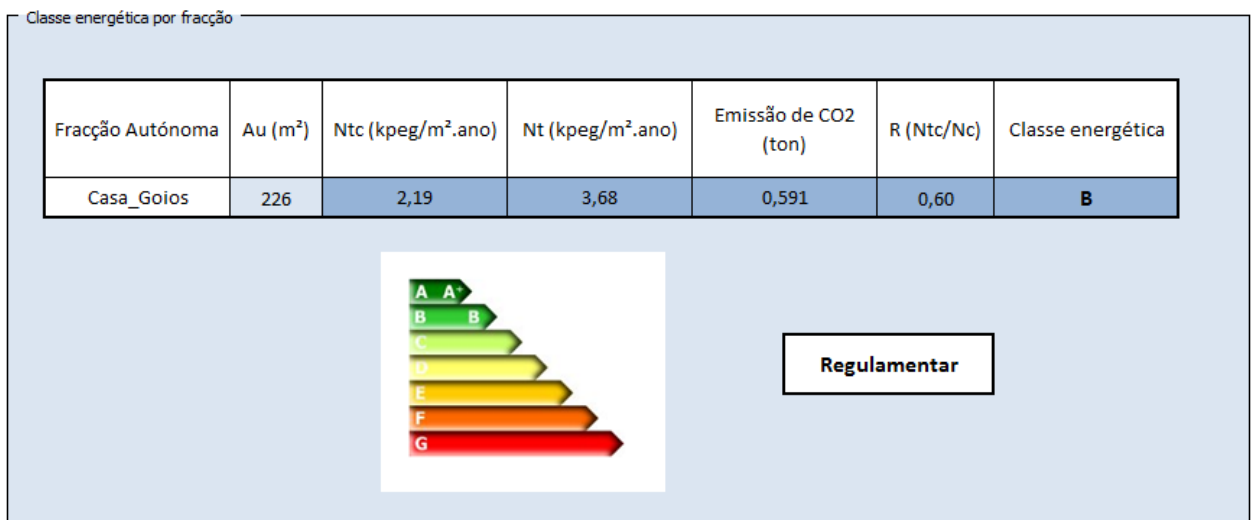


Figura 78– Folha Eprimária

9. Conclusão e Propostas de Trabalho Futuro

Neste capítulo, foram elaborados as conclusões finais e propostas para trabalho futuro. É possível concluir que a nível de equipamentos existe uma grande variedade disponível, especialmente ao nível do aquecimento e também na produção de águas quentes sanitárias. Quanto às fontes energéticas, como é possível verificar no capítulo 8 foi importante prever a evolução dos preços dos mesmos porque vai ter uma grande influência nos custos totais.

Para a climatização, a bomba de calor inicialmente escolhida para este projecto revela-se acertada, pois apesar de um sistema alimentado a lenha e um sistema de ar condicionado serem mais baratos num prazo de utilização de 10 anos, apresentam desvantagens explanadas no capítulo 5 bastantes limitadoras do conforto térmico. Na produção de AQS, a caldeira mural a gás com 100 mm de isolamento revela-se a escolha mais económica, porém a escolha do projecto (esquentador a gás) apresenta um gasto superior em 3%, o que é bastante reduzido.

Dos softwares utilizados, o RCCTE-STE revelou-se a melhor escolha porque se o Cypeterm apresenta um *interface* mais 'amigável' e permitir visualizar o edifício em 3D, o RCCTE-STE é mais fácil de manusear e menos susceptível a erros por parte do utilizador.

A ferramenta de cálculo desenvolvida em Excel funcionou correctamente, permitindo rapidamente alterar diversos parâmetros no cálculo das necessidades energéticas do edifício e perceber dessa forma, a importância que as mesmas têm na fase de projecto com maior incidência na correcta escolha dos equipamentos.

Propostas de Trabalho Futuro

- Fazer um acompanhamento em tempo real da evolução dos preços dos combustíveis.
- Criar uma base de dados com equipamentos de diversos fabricantes.
- Afinar a ferramenta de cálculo para que parâmetros como a taxa da inflação possam ser incluídos na previsão dos preços dos combustíveis
- Permitir que os resultados calculados no RCCTE-STE, possam ser exportados directamente para a ferramenta de cálculo.

10. Referências Bibliográficas

- [1] Adene – Agência para a Energia. <http://www.adene.pt/>
- [2] Compêndio para a Sustentabilidade. <http://www.institutoatkwhh.org.br/>
- [3] Summaries of EU legislation
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/
- [4] DGGE - Direcção Geral de Energia e Geologia <http://www.dgge.pt/>
- [5] Ministério da Economia e do Emprego <http://www.min-economia.pt/>
- [6] Silva, Sandra Monteiro, Almeida, Manuela Guedes de, Avaliação do Impacto Energético e Económico de Diferentes Soluções Construtivas, Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil
- [7] Lanham, Ana, Gama, Pedro, Braz, Renato. Arquitectura Bioclimática - Perspectivas de inovação e futuro, Instituto Superior Técnico, 2004
- [8] www.plumheatcool.com.au/evaporative-cooling
- [9] www.ecocooling.co.uk/psychr.html
- [10] Mendonça, Paulo. Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados. Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil, 2005
- [11] Almeida, Hélder Silva. ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS UTILIZANDO AS ABORDAGENS ANALÍTICA E ADAPTATIVA, Instituto Superior Técnico, 2010
- [12] www.ecoarkitekt.com
- [13] www.pelletheat.org
- [14] www.pelletslar.com
- [15] http://energy-inform.com/pellets_biomassa.htm
- [16] Kofman, Pieter. Simple ways to check wood pellet quality
- [17] Junginger, Martin. International trade of wood pellets – prices, trade flows and future trends. Copernicus Institute, Utrecht University. 2011
- [18] www.worldalmanac.com/
- [19] www.cannontrading.com/futures-market-crude-oil-futures.php

- [20] DGGE - Petróleo, Gás Natural e Carvão nº68, 2010
- [21] ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO GÁS NATURAL EM PORTUGAL 2007
- [22] http://canais.sol.pt/paginainicial/economia/interior.aspx?content_id=175123
- [23] Natural Energy Board – Canada www.neb.gc.ca/
- [24] BPI – O Sector Eléctrico em Portugal Continental. 2011
- [25] www.madeiras.net/
- [26] EDP www.eco.edp.pt
- [27] www.chama.com.pt Bombas de Calor Geotérmicas
- [28] Moreira, Dário, Bragança, João, Guimarães, Paulo. Climatização – Universidade Fernando Pessoa, 2010
- [29] www.arcacaldaie.com
- [30] RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril.
- [31] Gonçalves, Hélder, Horta Cristina, Camelo, Susana, Graça João, Ramalho, Álvaro. O NOVO RCCTE ESTRATÉGIAS E MEDIDAS PARA A SUA VERIFICAÇÃO – INETI, 2006
- [32] <http://www.precos.com.pt>
- [33] <http://www.neocasa.com.pt>
- [34] www.energia.com

ANEXOS

Anexo A – Representação dos alçados da habitação unifamiliar

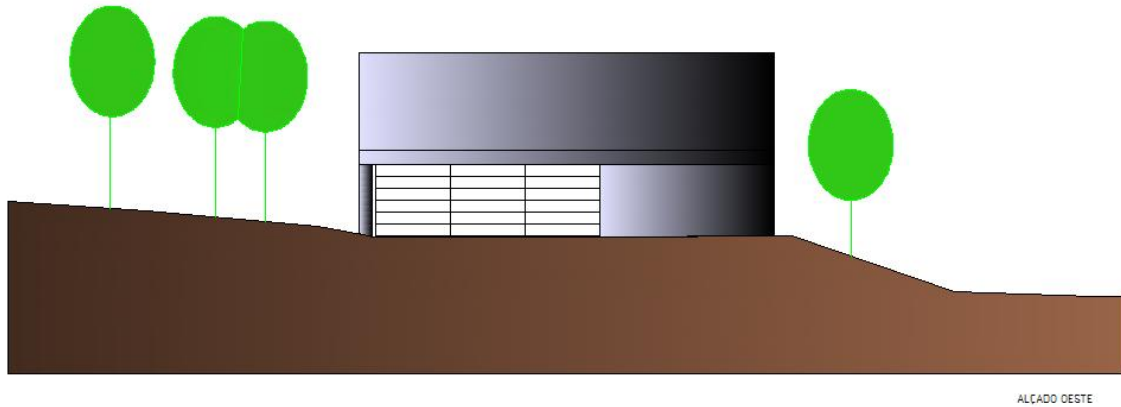


Figura A. 1 – Representação 2D do alçado Oeste

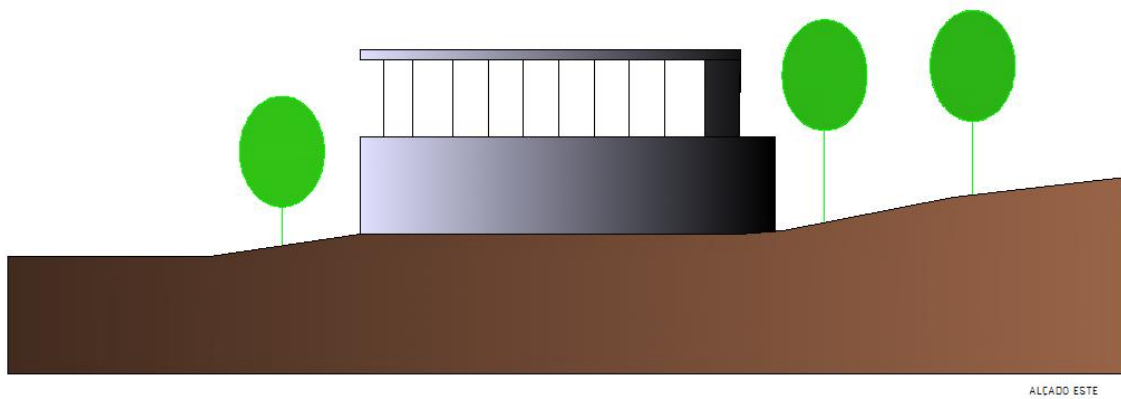


Figura A. 2 - Representação 2D do alçado Este

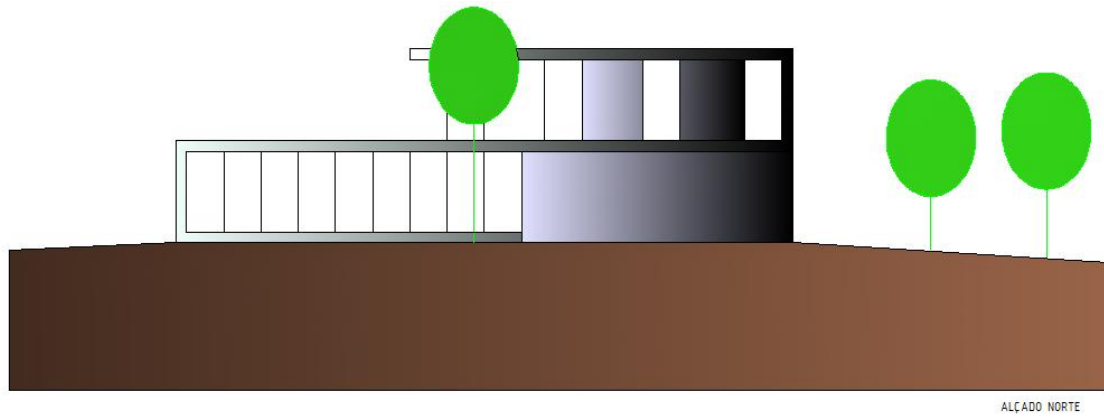


Figura A. 3 - Representação 2D do alçado Norte

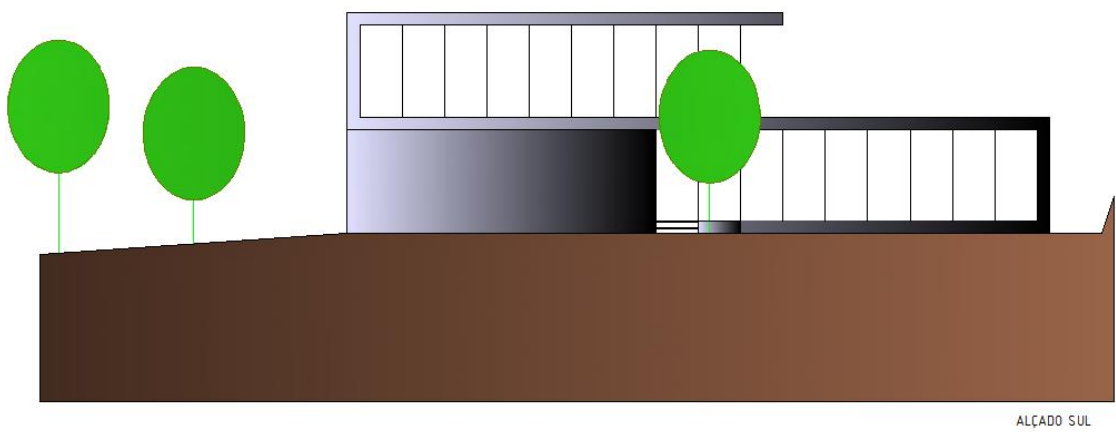


Figura A. 4 - Representação 2D do alçado Sul

FICHA 3		
REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE), Demonstração de		
Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente de Edifícios, nos termos do artigo 12º, nº 2, alínea d		
Edifício:	casa_goiós	
Fracção Autónoma:	P0	
Inércia Térmica:	Média	
Técnico Responsável:	CC	
Data:	04-11-2011	
Assinatura:		
a) U Máximo da Envolvente Opaca		
	Soluções Adoptadas (W / m².°C)	Valores Máximos Regulamentares (W / m².°C)
Paredes Exteriores:	0,52	1,60
Coberturas Exteriores:	0,39	1,00
Pavimentos Exteriores:	0,00	1,00
Paredes Interiores:	0,48	2,00
Coberturas Interiores:	0,00	1,30
Pavimentos Interiores:	0,00	1,30
b) Factor Solar Máximo dos Envidraçados		
	Soluções Adoptadas	Valores Máximos Regulamentares
Envidraçados Verticais Exteriores:	0,35	0,56
Envidraçados Horizontais Exteriores:	0,00	0,56
c) U Máximo das Pontes Térmicas Planas		
	Soluções Adoptadas (W / m².°C)	Valores Máximos Regulamentares (W / m².°C)
Pontes Térmicas Planas das Paredes Exteriores:	0,00	1,60
Pontes Térmicas Planas das Coberturas Exteriores:	0,00	1,00

Figura B. 4 - Ficha 3 do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCM.1a

Perdas associadas à Envolvente Exterior

		Área - A(m ²)	U(W/m ² °C)	U.A(W ² °C)
Paredes				
	PExt1_E	5,08 X	0,52 =	2,64
	PExt1_N	10,81 X	0,52 =	5,62
	PExt1_O	25,43 X	0,52 =	13,22
	PExt1_S	18,36 X	0,52 =	9,55
	PExt2_E	46,52 X	0,43 =	20,00
	PExt2_N	14,73 X	0,43 =	6,33
	PExt2_O	34,12 X	0,43 =	14,67
	PExt2_S	3,60 X	0,43 =	1,55
			TOTAL	73,58
Coberturas horizontais, em terraço				
	h_T	153,90 X	0,39 =	60,02
			TOTAL	60,02
Paredes em contacto com o terreno				
	p_cp	19,50 X	1,20 =	23,40
			TOTAL	23,40
Pontes térmicas lineares				
	fci	6,00 X	0,30 =	1,80
	fcit	20,00 X	0,90 =	18,00
	fcna	7,00 X	0,80 =	5,60
	fcpt	32,00 X	0,60 =	19,20
			TOTAL	44,60
Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma (W/°C)				201,60

Folha Cálculo FCM.1b

Perdas associadas à Envolvente Interior

		Área - A(m ²)	U(W/m ² °C)	τ(-)	U.A.τ(W ² °C)
Paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes					
	pi	16,50 X	0,48 X	0,80 =	6,34
				TOTAL	6,34
Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma (W/°C)					6,34

Figura B. 5 – Folha Cálculo FCIV.1a e 1b do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCIV.1c

Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

	Área - A(m ²)	U(W/m ² °C)	U.A(W°C)
Verticais			
env	25,40 X	2,64 =	67,06
enve.	6,50 X	2,64 =	17,16
enven00	16,00 X	2,64 =	42,24
enven01	10,00 X	2,64 =	26,40
enven1	15,60 X	2,64 =	41,18
enves0	23,40 X	2,64 =	61,78
enves1	23,40 X	2,64 =	61,78
		TOTAL	317,60
Perdas pelos vãos envidraçados exteriores da Fracção Autónoma (W°C)			317,60

Figura B. 6 - Folha Cálculo FCIV.1c do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios			
Folha Cálculo FCIV.1d			
Perdas associadas à Renovação do Ar			
Área Útil de pavimento - Ap(m²)	226,01		
	X		
Pê-direito médio (m)	3,06		
	=		
Volume interior - V(m³)	691,59		
VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1	Sim		
Se SIM		RPH	0,60
Se NÃO			
Classe da caixilharia			
Caixas de estore	Não		
Classe de exposição	Exp 2		
Aberturas auto-reguladas			
Área de Envidraçados > 15% Ap	Sim		
Portas exteriores bem vedadas		RPH	
Taxa de renov. nominal	0,70		
VENTILAÇÃO MECÂNICA			
Caudal de insuflação - Vins(m³/h)			
Caudal extraído - Vev(m³/h)			
Diferença entre Vins e Vev (m³/h)			
Volume - V(m³)			
$(V_{ins} - V_{ev}) / V$			
Vf(m³/h)			
Infiltrações - Vx(m³/h)			
Recuperador de calor			
η			
Taxa de renov. nominal $((V_f / V) + V_x) (1 - \eta)$			
Consumo de electricidade para os ventiladores			
Volume	691,59		
	X		
Taxa de renov. nominal	0,70		
	X		
	0,34		
	=		
TOTAL (W/°C)	164,60		

Figura B. 7- Folha Cálculo FCIV.1d do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCIV.1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares

Orientação	Tipo	Área - A(m²)	Xj(-)	g(-)	Fs(-)	Fg(-)	Fw(-)	Ae(m²)	
Este	Duplo	25,40 X	0,56 X	0,35 X	0,71 X	0,70 X	0,90 =	2,23	
Norte	Duplo	10,00 X	0,27 X	0,35 X	1,00 X	0,70 X	0,90 =	0,60	
Norte	Duplo	15,60 X	0,27 X	0,35 X	1,00 X	0,70 X	0,90 =	0,93	
Norte	Duplo	16,00 X	0,27 X	0,35 X	1,00 X	0,70 X	0,90 =	0,95	
Oeste	Duplo	6,50 X	0,56 X	0,35 X	0,43 X	0,70 X	0,90 =	0,39	
Sul	Duplo	23,40 X	1,00 X	0,35 X	0,52 X	0,70 X	0,90 =	2,68	
Sul	Duplo	23,40 X	1,00 X	0,35 X	0,52 X	0,70 X	0,90 =	2,68	
							TOTAL	10,46	
Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)								10,46	
Radiação Incidente num envidraçado a Sul (GSul) (KWh/m².mês) na Zona								12	93,00
Duração da Estação de Aquecimento (meses)								X	6,70
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)								=	6517,63
Ganhos Internos									
Ganhos internos médios (W/m²)								X	4,00
Duração da Estação de Aquecimento (meses)								X	6,70
Área Útil de pavimento (m²)								X	226,01
								X	0,72
								=	
Ganhos Internos Brutos (kWh/ano)									4361,09
Ganhos Totais Úteis									
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos									10878,71
Necessidades Brutas de Aquecimento								/	27495,18
Y								=	0,40
Inércia do edifício								Média	0,40
Factor de utilização de ganhos solares								X	0,94
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos								X	10878,71
Ganhos totais uteis (kWh/ano)								=	10225,99

Figura B. 8- Folha Cálculo FCIV.1e do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCM.1 f

Valor máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA

Das FCM.1a e 1c (Áreas)	m ²
Paredes Exteriores	158,65
Coberturas Exteriores	153,90
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	120,30
Da FCM.1b (Áreas Equivalentes)	
Paredes Interiores	13,20
Coberturas Interiores	0,00
Pavimentos Interiores	0,00
Envidraçados Interiores	0,00
Área Total	446,05
Volume (da FCM.1d)	691,59
FF	0,64
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1660,00
Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas Ni(kWh/m ² .ano)	78,67

Figura B. 9- Folha Cálculo FCIV.1f do RCCTE-STE

Folha Cálculo FCIV.2	
Cálculo do Indicador Nic	
Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FCIV.1a)	201,60
	+
Envolvente Interior (da FCIV.1b)	6,34
	+
Vãos Envidraçados (da FCIV.1c)	317,60
	+
Renovação de Ar (da FCIV.1d)	164,60
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	690,14
	X
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1660,00
	X
	0,024
	+
Consumo dos ventiladores	0,00
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	27495,18
	-
Ganhos Totais Úteis (da FCIV.1e)	10225,99
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	17269,19
	/
Área Útil de pavimento (m²)	226,01
	=
Necessidades Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	76,41
	<=
Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas - Ni (kWh/m².ano)	78,67

Figura B. 10- Folha Cálculo FCIV.2 do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (FCV.1a) (W/°C)	73,58
	+
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (FCV.1b) (W/°C)	0,00
	+
Perdas associadas às coberturas exteriores (FCV.1b) (W/°C)	60,02
	+
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (FCV.1b) (W/°C)	317,60
	+
Perdas associadas à renovação de ar (FCIV.1d) (W/°C)	164,60
	=
Perdas específicas totais (W/°C)	615,80
Temperatura interior de referência (°C)	25,00
	-
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (°C)	19,00
	=
Diferença de temperatura interior-exterior (°C)	6,00
	X
Perdas específicas totais (W/°C)	615,80
	X
	2,928
	=
Perdas térmicas totais (kWh)	10818,37

Figura B. 11- Folha Cálculo FCV.1a do RCCTE-STE

Folha Cálculo FCV.1b

Perdas associadas a Pavimentos, Coberturas e Vãos Envidraçados Exteriores

		Área - A(m²)	U(W/m² °C)	U.A(W/°C)
Coberturas horizontais, em terraço	h_T	153,90 X	0,39 =	60,02
			TOTAL	60,02
Envidraçados Verticais	env	25,40 X	2,64 =	67,06
	enve.	6,50 X	2,64 =	17,16
	enven00	16,00 X	2,64 =	42,24
	enven01	10,00 X	2,64 =	26,40
	enven1	15,60 X	2,64 =	41,18
	enves0	23,40 X	2,64 =	61,78
	enves1	23,40 X	2,64 =	61,78
			TOTAL	317,60
			377,62	

Figura B. 12- Folha Cálculo FCV.1b do RCCTE-STE

Avaliação do impacto de sistemas activos na climatização de edifícios residenciais

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

		Área - A(m²)	U(W/m² °C)	$\alpha(-)$	U.A. α (W/°C)
Norte	PExt1_N	10,81 X	0,52 X	0,40 =	2,25
	PExt2_N	14,73 X	0,43 X	0,40 =	2,53
	TOTAL				4,78
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m²)					200,00
					X
					0,04
					=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					38,24
Este	PExt1_E	5,08 X	0,52 X	0,40 =	1,06
	PExt2_E	46,52 X	0,43 X	0,40 =	8,00
	TOTAL				9,06
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m²)					420,00
					X
					0,04
					=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					152,21
Sul	PExt1_S	18,36 X	0,52 X	0,40 =	3,82
	PExt2_S	3,60 X	0,43 X	0,40 =	0,62
	TOTAL				4,44
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m²)					380,00
					X
					0,04
					=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					67,49
Oeste	PExt1_O	25,43 X	0,52 X	0,40 =	5,29
	PExt2_O	34,12 X	0,43 X	0,40 =	5,87
	TOTAL				11,16
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m²)					420,00
					X
					0,04
					=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					187,49
Horizontal	h_T	153,90 X	0,39 X	0,40 =	24,01
	TOTAL				24,01
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m²)					730,00
					X
					0,04
					=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					701,09
Total dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)					1146,52

Figura B. 13- Folha Cálculo FCV.1c do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	Área - A(m ²)	g(-)	Fs(-)	Fg(-)	Fw(-)	Ae(m ²)
Norte						
	16,00 X	0,35 X	0,94 X	0,70 X	0,80 =	2,95
	10,00 X	0,35 X	0,97 X	0,70 X	0,80 =	1,90
	15,60 X	0,35 X	0,98 X	0,70 X	0,80 =	3,00
					TOTAL	7,85
						X
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m ²)						200,00
						=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)						1570,00
Este						
	25,40 X	0,35 X	0,75 X	0,70 X	0,85 =	3,97
					TOTAL	3,97
						X
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m ²)						420,00
						=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)						1667,40
Sul						
	23,40 X	0,35 X	0,53 X	0,70 X	0,75 =	2,28
	23,40 X	0,35 X	0,53 X	0,70 X	0,75 =	2,28
					TOTAL	4,56
						X
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m ²)						380,00
						=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)						1732,80
Oeste						
	6,50 X	0,35 X	0,53 X	0,70 X	0,85 =	0,72
					TOTAL	0,72
						X
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m ²)						420,00
						=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)						302,40
Total dos ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)						5272,60

Figura B. 14- Folha Cálculo FCV.1d do RCCTE-STE

Folha Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m ²)	4,00
	X
Área útil de pavimento (m ²)	226,01
	X
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	2647,03

Figura B. 15- Folha Cálculo FCV.1e do RCCTE-STE

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

Folha Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na Estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (FCV.1d) (kWh)	5272,60
	+
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (FCV.1c) (kWh)	1146,52
	+
Ganhos internos (FCV.1e) (kWh)	2647,03
	=
Ganhos Internos totais	9066,15

Figura B. 16- Folha Cálculo FCV.1f do RCCTE-STE

Anexo C – Dados técnicos e diagrama da bomba de calor

Tabela C. 1 - Dados Técnicos da Bomba de Calor

Saída da bomba	11kW
Modelo da bomba	LA 11 MSR
Localização	Exterior
Reversível	Sim
Max. Temperatura do fluxo de Aquecimento	55 °C
Peso	224 kg
Nível de Som	67dBA
Temperatura de funcionamento	-20 a +35 ° C
Alimentação eléctrica	230V
Capacidade de aquecimento A2/W35	8.9kW/COP: 3.4
Capacidade de aquecimento A7/W35	11.10kW/ COP: 4
Capacidade de refrigeração EER A35/W7	7,5 kW / 2,1
Consumo nominal de acordo com a EN 14511 em A2/W35	2,67 kW
Refrigerante / Quantidade de refrigerante	R404A / 3,6 kg

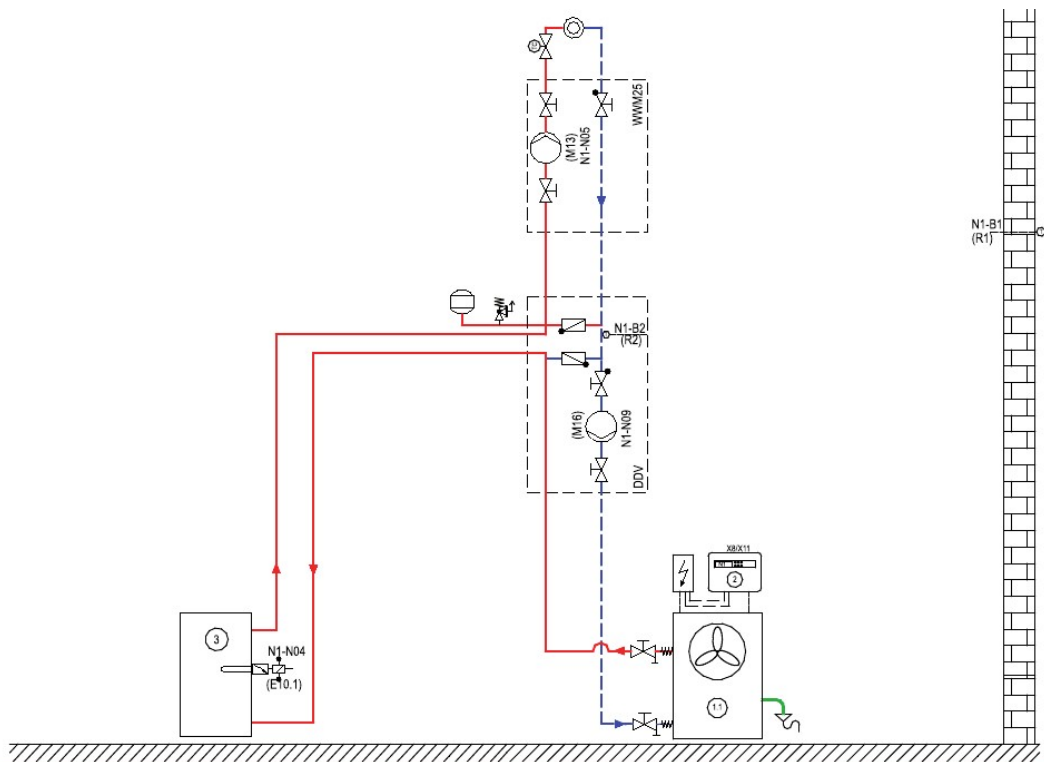


Figura C. 17 - Diagrama da instalação da bomba de calor

Anexo D – Definição da envolvente da habitação unifamiliar

Parede exterior 1 – ParExt1

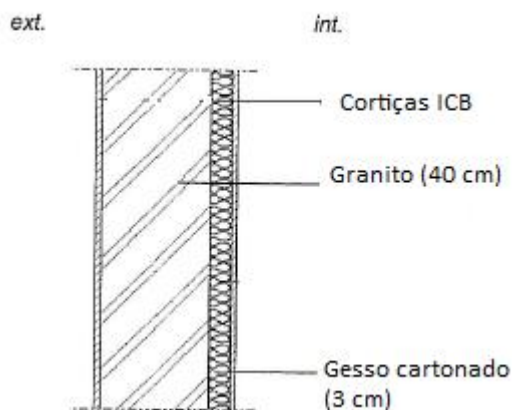


Figura D. 1 – Esquema da parede exterior 1

Descrição: exterior, granito (40 cm), cortiça em placas ICB (7 cm), gesso cartonado (3 cm)

Espessura total → 50 cm

Tabela D. 1 Constituição da parede exterior 1

Constituição da camada	d(m)	λ (W/m ² .°C)	R(m ² .°C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Exterior			0,04	DL 80/2006		
Granito	0,4	2,8	3,23	ITE50 (LNEC)	1040	
Cortiça ICB	0,07	0,05	1,5	ITE50 (LNEC)	8,4	
Gesso cartonado	0,03	0,4	0,12	ITE50 (LNEC)	24	24
Interior			0,13	DL 80/2006		
Soma --->	0,5		5,02		339	24
Mc (kg/m²) =	24	r =	1,00			Msi =24
U_{ext} (W/ m².°C) =	0,69	≤ U_{max} = 1,6 W/m².°C				

Parede exterior 2 – ParExt2

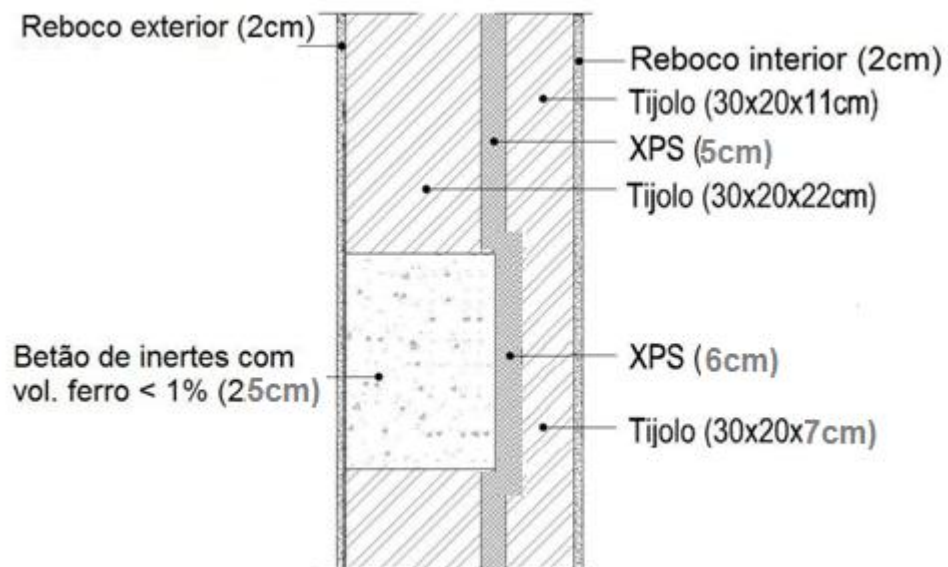


Figura D. 2- Elementos exteriores do tipo 1: parede (ParExt2) e pilar (PilarE).

Descrição: exterior, reboco tradicional (2 cm), tijolo furado de 22 cm, poliestireno expandido extrudado - XPS (5 cm), tijolo furado de 11 cm, reboco tradicional (2 cm), interior.

Espessura total → 42 cm.

Tabela D. 2 - Constituição da parede exterior 2

Constituição da camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R(m ² .°C/W)	Re f	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Exterior			0,04	DL 80/2006		
Reboco exterior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE 50 (LNEC)	38	
Tijolo furado de 22	0,22		0,52	ITE 50 (LNEC)	166	
Poliest. exp. extrudido - XPS	0,05	0,037	1,35	ITE 50 (LNEC)	1,25	
Tijolo furado de 11	0,11		0,27	ITE 50 (LNEC)	96	96
Reboco interior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE 50 (LNEC)	38	38
Interior			0,13	DL 80/2006		
Soma --->	0,42		2,34		339	134
Mc (kg/m²) =	134	r =	1,00			Msi =134
U_{ext} (W/ m².°C) =	0,43	≤ U_{max} = 1,6 W/m².°C				

Parede interior – ParInt

Solução construtiva a utilizar como parede exterior e na separação entre espaços úteis e ENUs.

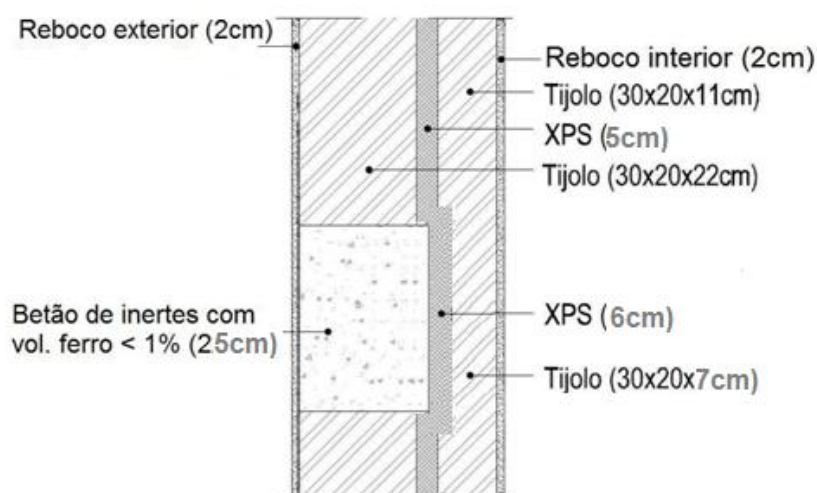


Figura D. 3- Elementos exteriores do tipo 1: parede (ParE) e pilar (PilarE).

Descrição: exterior, reboco tradicional (2 cm), tijolo furado de 11 cm, poliestireno expandido extrudido - XPS (5 cm), tijolo furado de 11 cm, reboco tradicional (2 cm), interior.

Espessura total → 31 cm.

Tabela D. 3 – Constituição da parede interior

Constituição da camada	d(m)	λ (W/m.°C)	R(m ² .°C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Exterior			0,04	DL 80/2006		
Reboco exterior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE50 (LNEC)	38	
Tijolo furado de 11	0,11		0,27	ITE50 (LNEC)	96	
Poliest. exp. extrudido - XPS	0,05	0,037	1,35	ITE50 (LNEC)	1,25	
Tijolo furado de 11	0,11		0,27	ITE50 (LNEC)	96	96
Reboco interior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE50 (LNEC)	38	38
Interior			0,13	DL 80/2006		
Soma --->	0,31		2,09		269	134
Mc (kg/m²) =	134	r =	1,00			Msi =134
U_{ext} (W/ m².°C) =	0,48	≤ U_{max} = 1.6 W/m².°C				

Pavimento térreo do tipo 1 – PavT1

Solução construtiva a utilizar no Piso 0, como pavimento térreo com desvão sanitário

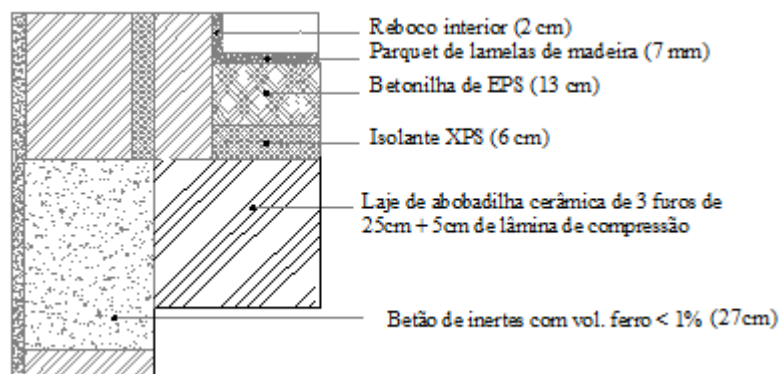


Figura D. 4- Pavimento térreo do tipo 1 – PavT1.

Descrição: caixa-de-ar, laje aligeirada de uma vigota e abobadilhas cerâmicas (3 furos, base 16-30 e 25 cm de espessura), poliestireno expandido extrudido - XPS (6 cm), betonilha de EPS (13 cm) e parquet de lamelas de madeira, interior. Espessura total → 49,7 cm.

Tabela D. 4 – Constituição do pavimento T1

Constituição da camada	d(m)	λ (W /m.°C)	R(m ² . °C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Exterior			0,17	DL 80/2006		
Laje abobadilhas 3 furos, 25+5 cm	0,3		0,31	ITE11 (LNEC)	408	
Poliest. exp. extrudido - XPS	0,06	0,037	1,622	ITE50 (LNEC)	2	
Betonilha de EPS	0,13	0,3	0,433	ITE50 (LNEC)	81	81
Parquet de lamelas de madeira	0,007	0,23	0,03	ITE50 (LNEC)	5	5
Interior			0,17	DL 80/2006		
Soma --->	0,497		2,74		496	86
Mc (kg/m²) =	86	r =	1			Msi = 86
U (W/ m².°C) =	0,37	≤ Umax = 1,65 W/m².°C				

Parede de compartimentação interior do tipo 1 – ParC1

Solução construtiva a utilizar de acordo com as peças desenhadas de arquitectura (paredes simples mais grossas).

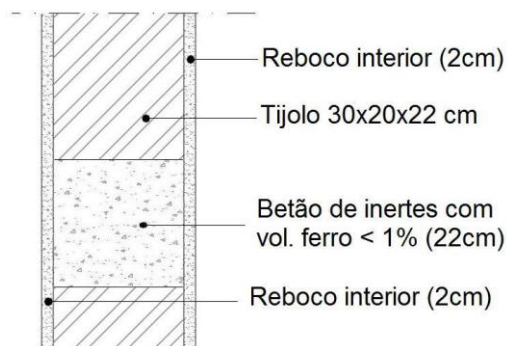


Figura D. 5- Elementos de compartimentação do tipo 1: parede (ParC1), pilar (PilarC1) e viga (VigaC1).

Descrição: interior, reboco tradicional (2 cm), tijolo furado de 22 cm, reboco tradicional (2 cm), interior. Espessura total → 26 cm.

Tabela D. 5 – Constituição da parede C1

Constituição da camada	d(m)	λ (W/m.°C)	R(m ² .°C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Interior			0,13	DL 80/2006		
Reboco interior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE50 (LNEC)	38	38
Tijolo furado de 22	0,22		0,52	ITE50 (LNEC)	166	166
Reboco interior tradicional	0,02	1,3	0,015	ITE50 (LNEC)	38	38
Interior			0,13	DL 80/2006		
Soma --->	0,26		0,815		242	242
Mc (kg/m²) =	242	r1, r2 =	1			Msi = 242

U (W/ m².°C) =	1,23	Isenta de requisitos mínimos
----------------------------------	-------------	-------------------------------------

Laje de compartimentação entre pisos – Laje C

Solução construtiva a utilizar como pavimento em toda a área do Piso 1 e, como tal, como cobertura da correspondente zona do Piso 0.

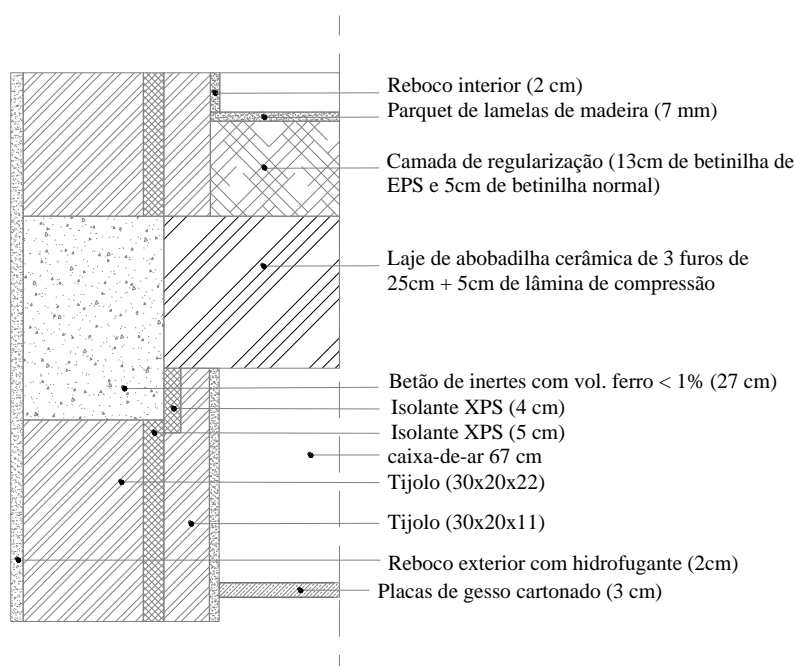


Figura D. 6 - Laje de compartimentação interior entre pisos – Laje C.

Descrição: interior do piso 1, parquet de lamelas de madeira colado (0,7 cm), betão de EPS (13 cm), laje aligeirada de uma vigota e abobadilhas cerâmicas (3 furos, base 16-30 e 25 cm de espessura) e 5 cm de betão (30 cm), caixa-de-ar (67 cm) e placas de gesso cartonado (3cm), interior. Espessura → 114 cm.

Tabela D. 6 - Constituição da Laje C

Constituição da camada	da	d(m)	λ (W/m.°C)	R(m ² .°C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Interior				0,17	DL 80/2006		
Parquet de lamelas colado (madeira)		0,007	0,14	0,05	ITE50 (LNEC)	4	4
Betonilha de EPS		0,13	0,3	0,433	ITE50 (LNEC)	81	81
Laje abobadilhas 3 furos, 25+5 cm		0,3		0,31	ITE11 (LNEC)	408	408
Caixa-de-ar		0,67		0,16	P&R RCCTE H10	0	
Placas de gesso cartonado (750 Kg/m ³)		0,03	0,25	0,12	ITE 50 (LNEC)	22,5	22,5
Interior				0,17	DL 80/2006		
Soma --->		1,14		1,41		516	516
Mc (kg/m²) =		300	r1	0,75			M si = 225
U (W/ m².°C) =		0,71	Isenta de requisitos mínimos				

Pavimento em contacto com o terreno – Pav2

Descrição: Interior do piso 0, parquet de lamelas de madeira colado (0,7 cm), betonilha (11 cm), XPS (6 cm), polietileno (2 mm), Betonilha (10 cm), Enrocamento (20 cm)

Tabela D.7 – Constituição do Pav2

Constituição da camada	d(m)	λ (W/m.°C)	R(m ² .°C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Interior			0,13	DL 80/2006		
Lamelas	0,007	0,23	0,003	ITE50 (LNEC)	5	5
Betonilha	0,11	2	0,05	ITE50 (LNEC)	270	270
Poliest. exp. extrudido - XPS	0,06	0,037	1,622	ITE50 (LNEC)	1,5	
EPS	0,002	0,055	0,036	ITE50 (LNEC)		
Betonilha	0,10	2	0,05	ITE50 (LNEC)	245	
Enrocamento	0,02	2	0,1	ITE50 (LNEC)	470	
Soma --->	0,48		2,00		991,5	275
Mc (kg/m²) =	75²	r =	1,00			Msi =275
U_{ext} (W/ m².°C) =	0,5	Sem Requisitos				

Cobertura em terraço (COBTER)

Descrição: A cobertura em terraço sobre a fracção, será em laje maciça de betão armado com 0.20 m de espessura, sobre a qual assenta o isolamento térmico, poliestireno expandido extrudido com 0.06m (coeficiente de condutibilidade térmica 0.037 W/(m.°C)), betonilha de regularização com 0.10m (coeficiente de condutibilidade térmica 1.3 W/(m.°C)) e revestimento cerâmico com 0.01m. Revestimento inferior em estuque projectado com 0.02m (coeficiente de condutibilidade térmica 0.18 W/(m.°C)). A caleira será realizada em argamassa moldada, com uma espessura média de 0.04m.

Tabela D.8 – Constituição do cobertura em terraço

Constituição da camada	(m)	λ (W /m.°C)	R(m ² . °C/W)	Ref	Mt(kg/m ²)	Mi(kg/m ²)
Interior			0,17	DL 80/2006		
Revestimento cerâmico	0,01	1,3	0,008	ITE50 (LNEC)	23	
Betonilha de Regularização	0,1	1,3	0,077	ITE50 (LNEC)	180	
XPS	0,08	0,037	2,162	ITE50 (LNEC)	3,2	40
Laje de betão armado com 1,5% de armadura	0,3		0,31	ITE11 (LNEC)	460	460
Estuque Projectado	0,67		0,16	P&R RCCTE H10	12	12
Interior			0,17	DL 80/2006		
Soma --->	0,41		2,59		678,2	472
Mc (kg/m²) =	300	r1, r2 =	1			<i>Msi</i> = 472
U (W/ m².°C) =	0,39	Isenta de requisitos mínimos				

Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente

No quadro seguinte, são verificados os requisitos térmicos de qualidade térmica na envolvente, conforme o estipulado no nº 1,2 e 3 do Anexo IX do RCCTE.

Tab D.9 - Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente

Elemento da Envolvente	Valor da Solução	Valor máximo Regulamentar	Cumpre / Não Cumpre
ParExt1	0,69	1,60	Cumpre
ParExt2	0,43	1,60	Cumpre
Par Int	0,48	1,60	Cumpre
Pav T1	0,37	1,30	Cumpre
Par C	1,23	2,00	Cumpre
Laje C	0,71	1,30	Cumpre
Pav 2	0,5	Sem Requisitos	Cumpre
Envidraçados	2,65	Sem Requisitos	Cumpre
CobTer	0,39	1,80	Cumpre

Envidraçados

Tab D.10 - Envidraçados e respectivos sombreamentos

Env.	Área (m ²)	Perímetro (m)	Sombreamentos com:			
			Horizonte	Pala Hor.	Pala Dir.	Pala Esq.
S1_1	9,00	12,00	20°	45	0°	0°
S1_2	7,50	11,00	20°	45	0°	0°
S1_3	7,50	11,00	20°	45	0°	0°
S1_4	3,00	8,00	20°	45	45°	0°
E1_1	6,75	10,50	20°	30°	0°	0°
E1_2	6,75	10,50	20°	30°	0°	0°
E1_3	6,75	10,50	20°	30°	0°	0°
E1_4	9,06	12,04	20°	30°	0°	0°
N1_1	6,00	10,00	20°	30°	0°	15 ^a
N1_2	4,50	9,00	20°	30°	30°	0°
N1_3	3,00	8,00	20°	30°	0°	0°
N1_4	4,50	9,00	20°	30°	0°	0°
S0_1	3,00	8,00	20°	45	0°	15°
S0_2	12,00	14,00	20°	45	15°	0°
S0_3	12,00	14,00	20°	45	0°	0°
N0_1	12,00	14,00	20°	51,7°	30°	0°
N0_2	7,50	11,00	20°	15°	0°	0°
N0_3	10,50	13,00	20°	30°	0°	0°
W0_1	7,50	11,00	20°	45	0°	0°

Cálculo da Inércia Térmica

Tabela D.11 – Cálculo da Inércia Térmica

Cálculo de It (kg/m²)				
Elemento	Msl (kg/m²)	rl	SI	Msl×rl×SI
ParExt1	24	1,00	86,3	2070,4
ParExt2	134	1,00	83,8	11229
Par Int	134	0,80	7,5	804
Pav T1	86	1,00	82,4	7089,5
Par C	242	1,00	159,9	38705,4
Laje C	150	1,00	69,7	10460
Pav 2	150	1,00	41,3	6187,5
CobTer	150	1,00	86,4	12965
		Inércia Média	Total (kg/m ²)	89510,8
			Ap (m ²)	226
			It (kg/m ²)	396,1