



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

## **Custo do conforto térmico em edifícios localizados em Portugal**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

### **Cost of thermal comfort in buildings located in Portugal**

**Autor**

**Luís Manuel Teixeira Matos da Costa**

**Orientador**

**António Manuel Mendes Raimundo**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
<b>Orientador</b>	<b>Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
<b>Vogal</b>	<b>Professor Doutor Eugénio Miguel de Sousa Rodrigues</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Coimbra, Setembro, 2018**







## **Agradecimentos**

Terminado um percurso de cinco anos em Coimbra, e concluído o Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Coimbra, gostaria de deixar um sincero agradecimento a todos os que contribuíram, de uma forma ou de outra, para o concretizar deste passo.

Aos meus pais e à minha família, que sempre fizeram questão de estar presentes e contribuíram com todas as condições para o meu sucesso académico e pessoal.

Aos amigos e colegas que me acompanharam neste percurso.

Ao Senhor Professor Doutor António Raimundo pelas suas intervenções e disponibilidade ao longo da realização deste estudo. A todo o corpo docente e não-docente do DEM-UC que contribuiu para a minha formação.

Por fim, um agradecimento especial à Filipa, que sempre esteve ao meu lado neste percurso, e, não duvido, sempre estará.



## Resumo

Este trabalho foi realizado com o objetivo de apreciar a simulação da climatização de um espaço através de pontos de referência (*Set-Points*) de conforto térmico do ser humano, pelo voto médio previsto (PMV). Este tipo de climatização vem por oposição aos tradicionais sistemas de climatização por definição direta de temperatura.

Este estudo foi elaborado com base numa premissa de poupança de recursos energéticos e económicos, por via de adaptar a temperatura no interior de um espaço à atividade metabólica correspondente aos indivíduos que nele se encontram, assim como o tipo de vestuário que os mesmos possam estar a utilizar.

Foi empregue o *software SEnergEd*, que utiliza os conceitos de climatização por simulação dinâmica, horária de um espaço monozona, presentes na norma ISO 13790 (2006). A este programa foram adicionadas funções que permitem a aplicação da norma ISO 7730 (2005), de modo a atingir o objetivo descrito no primeiro parágrafo.

Pretende-se com este método de climatização uma melhor adaptação às necessidades de quem habita o espaço, ajustando assim as cargas térmicas aos valores necessários para o conforto do ser humano, que podem diferenciar bastante daqueles obtidos através de *Set-Points* de temperatura. Isto revela a incapacidade de um sistema de climatização por *Set-Points* de temperatura em contabilizar parâmetros relativos ao ser humano como os supramencionados isolamento do vestuário e taxa de atividade metabólica.

Em simultâneo, é realizado um estudo adaptado ao edificado e clima português, com o objetivo de perceber os custos associados à manutenção de vários níveis de conforto térmico, de acordo com os vários fatores humanos, climatéricos, construtivos e energéticos em análise.

O Custo Anual Equivalente (CAE) é o parâmetro utilizado para permitir uma comparação adequada entre as várias classes de conforto. A variação do CAE em função da variação do PMV e da percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) com o ambiente térmico permite a obtenção da classe de conforto ideal para encontrar um meio-termo satisfatório entre redução de custos e manutenção de um determinado nível de conforto.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico, Custo Anual Equivalente, Voto Médio Previsto, Classe de conforto, Metabolismo, Vestuário.



## Abstract

The work here presented has its main goal centred on the possibility to allow the user to simulate the climatization of a room through the usage of human thermal comfort *Set-Points*, determined using the predicted mean vote (PMV). This kind of climatization is meant to be an upgrade towards the more traditional systems relying on fixed temperature *Set-Points*.

This study is established on the premise of saving resources, energetic and economic. The goal is to try and adapt the interior temperature of a room to its usage, the metabolic rate and the clothing relative to the people in it.

The utilized software, SEnergyEd, employs the theoretical concepts for a dynamic, hourly, single-zone space found in the ISO 13790 (2006). To the initial version of this program, various functions have been added to allow it to merge in the thermal comfort factors present in the ISO 7730 (2005) to attain the goal set in the first paragraph.

A direct consequence of this climatization method should be an optimal adjustment to the needs of the people who will be using the space. The thermal loads employed will be adjusted to the necessary values needed to maintain human thermal comfort. These values more likely than not, will differ from the ones obtained from using temperature *Set-Points*. This exposes a limitation on the temperature Set-Point systems to consider important factors like the human metabolic rate and clothing insulation.

The second part of this thesis is a study set on the most common Portuguese buildings and the various climate zones found in the country, which goal is set on determining the costs related to maintaining a certain level of comfort, dependant on various human, climate, constructive and energetic factors.

The Equivalent Annual Cost (EAC) is the parameter used to allow a good comparison between various comfort classes. The varying of the EAC in result of the varying predicted percentage dissatisfied (PPD) with the thermal environment in the room is key to find a satisfying middle-ground between cost reduction and keeping people comfortable.

**Keywords** Thermal Comfort, Equivalent Annual Cost, Predicted Mean Vote, Comfort Classes, Metabolic Rate, Clothing Insulation.

---

## Índice

Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
Simbologia e Siglas .....	xv
Simbologia.....	xv
Siglas .....	xvi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos .....	4
2. METODOLOGIAS DE CÁLCULO.....	5
2.1. Simulação do Comportamento Energético de Edifícios .....	5
2.2. Avaliação do Nível de Conforto Térmico em Espaços Interiores.....	7
2.3. Custo Anual Equivalente do Ciclo de Vida dos Edifícios .....	10
2.4. <i>Software</i> SEnergEd – Versão 3.3.2 .....	11
2.5. <i>Software</i> SEnergEd – Versão 4.1.0.....	13
2.5.1. Implementação de Controlo da Climatização por <i>Set-Points</i> de PMV.....	13
2.5.2. Implementação de Outras Melhorias .....	14
3. MATERIAL BASE PARA O ESTUDO.....	15
3.1. Zonas Climáticas de Portugal Continental.....	15
3.1.1. Zonamento Climático .....	15
3.1.2. Zonas Climáticas Representativas.....	16
3.2. Edifícios Representativos do Edificado Português.....	17
3.2.1. Apartamento .....	17
3.2.2. Moradia .....	18
3.2.3. Clínica Privada .....	19
3.2.4. Escola Secundária.....	22
3.2.5. Supermercado.....	23
3.3. Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC).....	25
3.4. Vãos envidraçados dos Edifícios.....	25
3.5. Soluções Construtivas Opacas dos Edifícios .....	26
3.6. Tarifas da Energia Elétrica e do Gás Natural.....	29
3.7. Análise Económico-financeira do Ciclo de Vida dos Edifícios.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1. Apartamento – Custo do Conforto Térmico.....	33
4.2. Moradia – Custo do Conforto Térmico.....	38
4.3. Clínica Privada – Custo do Conforto Térmico.....	42
4.4. Escola Secundária – Custo do Conforto Térmico .....	46
4.5. Supermercado – Custo do Conforto Térmico .....	50
4.6. Discussão dos Resultados .....	54
5. CONCLUSÕES .....	59

---

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXO A.....	63
ANEXO B.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de princípio do modelo 5R1C (Raimundo, 2008).....	7
Figura 2.2 Evolução da insatisfação (PPD, %) de acordo com a escala de PMV (ISO 7730, 2005).....	9
Figura 2.3 Exemplo de resultado gráfico do <i>SEnergEd</i> v3.3.2. (Saraiva, 2017).....	12
Figura 3.1 Localização geográfica dos concelhos em análise (Wikipédia, 2018).....	16
Figura 3.2 Planta do apartamento (Raimundo et al, 2011a).....	17
Figura 3.3 Moradia Individual e terreno circundante (Raimundo et al, 2011b).....	18
Figura 3.4 Clínica Privada (Raimundo et al, 2011c) .....	20
Figura 3.5 Divisão por blocos da escola (Claro, 2015).....	22
Figura 3.6 Planta do supermercado (Vidigueira, 2013).....	24
Figura 4.1 Gráfico do CAE por classe de conforto para o Apartamento. ....	34
Figura 4.2 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Odemira. ....	36
Figura 4.3 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Mirandela.....	37
Figura 4.4 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Ansião.....	37
Figura 4.5 Gráfico dos CAE em função das classes de conforto para a Moradia Individual. ....	38
Figura 4.6 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Odemira. ....	40
Figura 4.7 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Ansião.....	41
Figura 4.8 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Mirandela.....	41
Figura 4.9 Representação gráfica dos valores do CAE para a Clínica Privada.....	42
Figura 4.10 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Odemira. ....	44
Figura 4.11 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Ansião.....	45
Figura 4.12 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Mirandela.....	45

Figura 4.13 Representação gráfica da evolução do CAE por caso, para a Escola Secundária .....	46
Figura 4.14 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Odemira.....	48
Figura 4.15 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Ansião. ....	49
Figura 4.16 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Mirandela. ....	49
Figura 4.17 Representação Gráfica dos valores de CAE para o Supermercado. ....	50
Figura 4.18 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Odemira.....	52
Figura 4.19 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Ansião. ....	53
Figura 4.20 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Mirandela. ....	53
Figura 0.1 Esquema de inserção local do edifício (Raimundo et al, 2011a) .....	66
Figura 0.2 Edifício com FA analisada em destaque (Raimundo et al, 2011a) .....	66
Figura 0.3 Planta da cave da Moradia (Raimundo et. al, 2011b).....	69
Figura 0.4 Planta do piso médio da Moradia (Raimundo et. al, 2011b).....	69
Figura 0.5 Planta do sótão da Moradia (Raimundo et. al, 2011b) .....	69
Figura 0.6 Planta do piso 0 da Clínica (Raimundo et. al, 2011c) .....	72
Figura 0.7 Planta do piso 1 da Clínica (Raimundo et. al, 2011c) .....	72
Figura 0.8 Fachada da Escola .....	75
Figura 0.9 Alguns Blocos da Escola - Bloco C orientado a Este.....	75
Figura 0.10 Vista de satélite da Escola.....	75
Figura 0.11 Representação exterior do Supermercado (Vidigueira, 2013) .....	78

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Escala de 7 etapas do conforto térmico (ISO 7730, 2005) .....	8
Tabela 3.1 Critérios para determinação da zona climática de inverno (SCE, 2013).....	15
Tabela 3.2 Critérios para determinação da zona climática de verão (SCE, 2013) .....	15
Tabela 3.3 Características técnicas dos envidraçados (Rebelo, 2016) (retirada de Saraiva, 2017).....	25
Tabela 3.4 Elementos construtivos de base, sem isolamento térmico (Saraiva, 2017) .....	27
Tabela 3.5 Parâmetros de simulação de elementos da envolvente opaca exterior (Saraiva, 2017).....	28
Tabela 3.6 Parâmetros de simulação de elementos da envolvente opaca interior (Saraiva, 2017).....	28
Tabela 3.7 Parâmetros de simulação de elementos de compartimentação interior (Saraiva, 2017).....	28
Tabela 3.8 Diferentes espessuras de isolamento térmico (EPS) analisadas.....	29
Tabela 3.9 Preços da energia em €/kW.h para os diferentes casos em estudo.....	30
Tabela 4.1 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Odemira. 35	
Tabela 4.2 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Ansião....	35
Tabela 4.3 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Mirandela. ....	35
Tabela 4.4 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Ansião.....	39
Tabela 4.5 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Odemira. ....	39
Tabela 4.6 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Mirandela.....	39
Tabela 4.7 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Odemira. ....	43
Tabela 4.8 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Ansião. ....	43
Tabela 4.9 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Mirandela.....	44
Tabela 4.10 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Odemira. ....	47

Tabela 4.11 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Ansião. ....	47
Tabela 4.12 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Odemira.....	47
Tabela 4.13 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Odemira. ....	51
Tabela 4.14 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Ansião. ....	51
Tabela 4.15 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Mirandela. ....	51
Tabela 4.16 Características de arquitetura e ocupação dos vários edifícios.....	54
Tabela 4.17 Custo do conforto térmico para o Apartamento.....	54
Tabela 4.18 Custo do conforto térmico para a Moradia Individual .....	55
Tabela 4.19 Custo do conforto térmico para a Clínica Privada .....	55
Tabela 4.20 Custo do conforto térmico para a Escola Secundária.....	55
Tabela 4.21 Custo do conforto térmico para o Supermercado.....	55
Tabela 0.1 Perfil de ocupação do apartamento .....	67
Tabela 0.2 Perfil de iluminação do apartamento.....	67
Tabela 0.3 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC no Apartamento.....	68
Tabela 0.4 Investimento inicial para o Apartamento (excluindo soluções construtivas). ...	68
Tabela 0.5 Rendimentos e gastos para o Apartamento.....	68
Tabela 0.6 Perfil de ocupação da Moradia .....	70
Tabela 0.7 Perfil de Iluminação da Moradia.....	70
Tabela 0.8 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Moradia.....	71
Tabela 0.9 Investimento Inicial na Moradia (excluindo soluções construtivas).....	71
Tabela 0.10 Rendimentos e gastos para a Moradia.....	71
Tabela 0.11 Perfil de ocupação da Clínica .....	73
Tabela 0.12 Perfil de iluminação da Clínica.....	73
Tabela 0.13 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Clínica .....	74
Tabela 0.14 Investimento inicial na Clínica .....	74
Tabela 0.15 Rendimentos e gastos na Clínica .....	74
Tabela 0.16 Perfil de ocupação da Escola .....	76
Tabela 0.17 Perfil de iluminação da Escola.....	76
Tabela 0.18 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Escola.....	77
Tabela 0.19 Investimento inicial para a Escola.....	77



Tabela 0.20 Rendimentos e gastos para a Escola .....	77
Tabela 0.21 Perfil de ocupação do Supermercado.....	78
Tabela 0.22 Perfil de iluminação do Supermercado .....	79
Tabela 0.23 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC no Supermercado .....	79
Tabela 0.24 Investimento inicial para o Supermercado.....	80
Tabela 0.25 Rendimentos e gastos no Supermercado.....	80



## SIMBOLOGIA E SIGLAS

### Simbologia

CAE – Custo anual equivalente [€/ano]

PMV – Predicted mean vote

$V_{ol}$  – Volume útil [m<sup>3</sup>]

$A_p$  – Área de pavimento [m<sup>2</sup>]

$Q_{AN}$  – Caudal de ar novo [m<sup>3</sup>/s]

M – Taxa de atividade metabólica [W/m<sup>2</sup>]

$I_{cl}$  – Isolamento do vestuário [m<sup>2</sup> \* K/W]

$Q_{AN}$  – Caudal de ar novo [m<sup>3</sup>/s]

$T_i$  – Temperatura no espaço interior [°C]

$\bar{T}_{rad}$  – Temperatura média radiante [°C]

$v_{ar}$  – Velocidade do ar no espaço interior [m/s]

W – Trabalho mecânico [W/m<sup>2</sup>]

$f_{cl}$  – Fator de área superficial do vestuário

$T_{cl}$  – Temperatura à superfície do vestuário [°C]

$h_c$  – Coeficiente de transmissão de calor por convecção [W/m<sup>2</sup>.K]

$p_{pv}$  – Pressão parcial de vapor [Pa]

GD – Graus-Dia

$\theta_{e,v}$  – Temperatura média exterior na estação de arrefecimento [°C]

$M_{si}$  – Massa superficial útil [kg/m<sup>2</sup>]

$T_i$  – Temperatura no espaço interior [°C]

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial [W/m<sup>2</sup>.K]

$U_{wdn}$  – Valor médio do coeficiente de transmissão térmica entre dia e noite para um vão envidraçado [W/m<sup>2</sup>.K]

$g_{\perp vidro}$  – Fator solar de um vidro

$g_{L100}$  – Fator solar de um vidro para um dispositivo de proteção 100% ativo

CF – Cash-Flow [€/ano]

R – Rendimento económico [€/ano]

G – Gastos [€/ano]

i – Taxa de atualização

VLA – Valor líquido atual [€/ano]

VR – Valor residual [€]

## **Siglas**

ISO – International Organization for Standardization

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

5RIC – 5 Resistências e 1 Condensador

FA – Fração Autónoma

SCE – Sistema de Certificação Energética de edifícios

AQS – Águas Quentes Sanitárias

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de

Edifícios

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

O conforto térmico é descrito em ASHRAE (2010) como um estado físico e psicológico de equilíbrio térmico do ser humano e de satisfação com o ambiente térmico em que o mesmo se insere. É uma condição que gera elevado interesse à sua criação e manutenção, pois é nesta que é possível retirar os melhores resultados de um edifício. É quando o ser humano se encontra termicamente confortável que descansa melhor na sua residência, ou aumenta a sua produtividade no local de trabalho, entre outros benefícios indiretos.

Os sistemas tradicionais de climatização tendem a fazê-la com base no controlo direto da temperatura e da humidade relativa, contudo, através deste método podem ser obtidos resultados bastante dissonantes daqueles que seriam ótimos dependendo da utilização do espaço.

Este trabalho vem inserir-se num contexto de uma preocupação recente e crescente de poupança de recursos energéticos, e à sempre presente intenção de poupança de recursos económicos.

Na face da possível ineficácia dos sistemas de controlo de temperatura, o conforto térmico surge como o parâmetro mais relevante à volta do qual os sistemas de climatização devem funcionar. Isto indica a necessidade de sistemas de climatização mais complexos, uma vez que a temperatura interior deixa de ser o único fator de interesse, passando a parte integrante de um conjunto que conta ainda com o tipo de vestuário e a atividade levada a cabo pelos utilizadores de determinado espaço. Este conjunto de parâmetros permite a obtenção de valores mais fiéis às reais necessidades do espaço.

Este estudo surge da continuidade lógica sobre outros dois já realizados. Rebelo (2016) começou por determinar qual o tipo de vão envidraçado que levaria à redução do custo anual equivalente, mantendo a temperatura num dado intervalo. Em 2017, Saraiva realizou um estudo semelhante, desta vez com ênfase nos elementos opacos da envolvente dos edifícios analisados. Em paralelo com a redução do custo anual equivalente, as escolhas

construtivas de elevada qualidade térmica adotadas pelos dois autores significam a evolução do edificado português no sentido dos nZEB (*near Zero Energy Buildings*).

Os nZEB são um tipo de edifícios que a União Europeia está atualmente a promover e a reforçar o seu uso. A EPBD (*Energy Performance Buildings Directive*, 2010), traduzida para a legislação portuguesa no Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto (2013), indica que, até 2018, todos os edifícios novos de entidades públicas devem-se inserir nesta classe e, até 2020, todos os edifícios existentes de serviços o sejam. Tratam-se de edifícios com necessidades de energia bastante reduzida, grande parte desta proveniente de fontes renováveis. Este tipo de construção deverá, por norma, ser capaz de injetar na rede elétrica quase tanta energia como aquela que consome.

O presente caso visa progredir no sentido da melhoria do controlo da climatização dos espaços, definindo estes com as soluções ótimas já previamente encontradas. Ao determinar o conforto térmico do ser humano como elemento essencial a satisfazer, e não apenas um intervalo fixo de temperatura, é previsível a obtenção de resultados que melhor se adaptem às necessidades efetivas do espaço. É assim evitado o desperdício de recursos energéticos e económicos, mantendo o conforto térmico do ser humano como prioridade fundamental.

O voto médio previsto (PMV) assume aqui enorme relevância, pelo que será através deste parâmetro, introduzido na norma ISO 7730 (2005), que é possível relacionar a temperatura interior à qual climatizar um espaço, em sintonia com as características de conforto associadas ao ser humano.

O conforto térmico é um parâmetro muito subjetivo e variável de pessoa para pessoa. A norma ISO 7730 (2005) apresenta de forma completa todos os valores e variáveis que entram na determinação do PMV, que será empregue no método de climatização utilizado neste estudo.

Como está especificado na norma supramencionada, devido a diferenças no que toca às preferências de cada indivíduo, na presença de um grupo é impossível a criação de um ambiente térmico que garanta a satisfação de todos os membros. Existirá sempre uma percentagem insatisfeita, e é necessário garantir que este número seja sempre o mais reduzido possível.

Será utilizado e adaptado um *software* de climatização (*SEnergEd*), que fará a simulação dos variados casos de acordo com um modelo dinâmico, horário e monozona. O modelo será o 5R1C, descrito na norma ISO 13790 (2006)

De modo a atingir o fim proposto, a programação imposta ao *SEnergEd* é de total importância, perante a falta de sistemas de simulação e climatização com base neste método. A adaptação para *Set-Points* de PMV é o objetivo mais importante deste trabalho, uma vez que permitirá a climatização do espaço tornar-se muito mais eficiente, assumindo que o utilizador empregue valores de atividade e vestuário que digam respeito à realidade do local.

A percentagem prevista de insatisfação (PPD) é um parâmetro extremamente útil no desenrolar deste trabalho, visto que é através deste valor que se irá estabelecer um limite máximo de percentagem de insatisfeitos permitido para que se possa afirmar que estão criadas as condições para a manutenção do conforto térmico. Este limiar pode ser alterado com base em fatores locais ou nacionais.

Como presente em edições anteriores da norma ISO 7730 e ainda constante em ASHRAE (2010), é possível afirmar que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais que 10 % das pessoas presentes num espaço declarem insatisfação com o ambiente térmico. De modo a criar um valor de referência, o CAE relativo a uma PPD de 10 % será então tomado como o grande objetivo deste estudo, que é a determinação do custo anual equivalente mínimo para a criação de uma situação de conforto térmico nos variados edifícios constituintes do espectro construtivo português. A classe escolhida para o PMV, de modo a garantir conforto, será então a que limita o PPD a este valor.

É importante salientar que, em locais onde coexistem várias pessoas, além da climatização global relativa ao espaço, se for possível a criação de algum tipo de controlo individual para os subespaços relativos a cada pessoa, essa será a solução ideal, devido à já referida subjetividade do conforto térmico.

Um aspeto importante para o conforto térmico que este trabalho não leva em conta é o desconforto térmico local. Ocorrências como correntes de ar, diferenças verticais de temperatura acentuadas, pisos quentes/frio e assimetrias radiantes têm um papel relevante na descrição do conforto térmico, contudo, não serão levadas em conta nesta iteração do *SEnergEd*, pela sua difícil integração e simulação.

Os cálculos realizados pelo *SEnergEd* assumirão um estado estável das condições de temperatura, não contemplando as hipóteses contrárias a isto, apresentadas no Anexo E da norma ISO 7730 (2005).

## 1.2. Objetivos

Existem, para este trabalho e consequente estudo, dois objetivos fundamentais: a programação e habilitação do software ao cálculo de PMV; e em seguida a análise de casos em todo um espectro de edifícios, regiões climáticas, soluções construtivas e níveis de conforto.

Em primeira instância, será necessário alterar o *software SEnergEd* na sua versão 3.3.2 (Raimundo, 2017), de forma a permitir o cálculo e o estudo da climatização de um edifício, através de um parâmetro definido pela norma ISO 7730 (2005), o PMV. Será necessária a programação de funções que permitam ao programa realizar os cálculos expostos na já referida norma, assim como permitir ao utilizador inserir os valores necessários para o efeito.

Será analisada a escala de valores para o PMV e dividida a mesma em seis classes de conforto térmico apropriadas. Pretende-se com isto possibilitar a obtenção da evolução do CAE associado a cada classe.

Serão comparados os custos por classe de conforto para as soluções construtivas opacas com espessura de isolamento ótima, determinadas por Saraiva (2017), assim como para edifícios semelhantes sem qualquer isolamento, típicos de construções mais antigas.

A análise será feita com base em todo o espectro de condições climatéricas encontradas em Portugal, como definidas no RCCTE (2006), através da seleção de três concelhos com climas notoriamente distintos.

No geral, serão comparados 180 casos diferentes, aglomerando então 5 edifícios, e para cada um destes, 3 zonas climáticas, 2 tipos de soluções construtivas e 6 classes de conforto térmico. Com isto será possível obter uma imagem clara que mostre o custo real da manutenção de condições de conforto para cada um dos casos selecionados, dando mais ênfase às soluções construtivas isoladas, na medida em que será um estudo mais relevante para construções futuras.



## 2. METODOLOGIAS DE CÁLCULO

A presente secção deste relatório visa descrever a totalidade do processo de cálculo no qual o programa utilizado, previamente modificado, se baseia. Na sua conceção original, o *SEnergEd* v3.3.2. (Raimundo, 2017) permite prever o Custo Anual Equivalente (CAE), a temperatura no interior de um espaço e as cargas térmicas necessárias para atingir estes valores. Estes cálculos são feitos com base no modelo de simulação dinâmica, horária, monozona 5R1C. Este modelo, introduzido na norma ISO 13790 (2006), vem exposto em detalhe por Raimundo (2008).

Para proceder à correta simulação de casos, o programa requer informação relacionada com a utilização do edifício em questão, a sua construção e o tipo de equipamentos (AVAC ou não) aí presentes. Sendo este um trabalho de continuidade, a totalidade dos parâmetros necessários à utilização da versão v3.3.2. do *SEnergEd* já foram determinados e justificados por Rebelo (2016) e Saraiva (2017).

À data do início deste estudo, o *SEnergEd* v3.3.2. apenas simula situações em que o utilizador insira os valores limite (*Set-Points*) desejados para a temperatura interior. O objetivo deste estudo passa por permitir ao utilizador definir, em função da atividade metabólica e do isolamento do vestuário previstos naquele espaço, um nível de conforto térmico, assim determinado pela norma ISO 7730 (2005), climatizando o espaço em função deste valor.

### 2.1. Simulação do Comportamento Energético de Edifícios

Como referido na secção anterior, o modelo em que se baseia a estrutura de cálculo do *SEnergEd* é o 5R1C exposto na norma ISO 13790 (2006) e posteriormente descrita por Raimundo (2008). Este modelo impõe uma metodologia de simulação horária, fazendo um total de 8 760 intervalos de simulação dinâmica num período de um ano, assumindo um balanço térmico, em regime transitório, numa única zona útil.

Através dos parâmetros do espaço, como a área útil de pavimento ( $A_p$ ) e o volume útil ( $Vol$ ) da fração autónoma ( $FA$ ) em análise, o modelo determina uma única zona interna, composta da totalidade dos espaços úteis considerados.

Segundo Raimundo (2008), de modo a que o modelo implementado seja válido, é necessário que sejam cumpridos vários critérios: todos os espaços úteis têm de ser climatizados de acordo com os mesmos *Set-Points* para o ar interior (válido para Temperatura e PMV); apenas poderá existir um sistema (ou nenhum) responsável pelo aquecimento da zona útil, aplicando-se o mesmo critério para o arrefecimento; caso haja ventilação mecânica, é necessário assegurar que, no mínimo, 96% do caudal de ar novo ( $Q_{AN}$ ) é injetado na zona útil. Caso algum dos anteriores critérios não seja aplicável, o modelo não poderá ser corretamente empregue e será necessário recorrer a uma simulação multizona.

O nome do modelo, 5R1C, deriva de uma analogia elétrica, na qual figuram 5 Resistências e 1 Condensador. Estes são (Raimundo, 2008):

$R_{is}$  – Resistência térmica entre as superfícies interiores e o ar interior [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ];

$R_{ms}$  – Resistência térmica entre a massa térmica e as superfícies interiores dos elementos opacos [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ];

$R_{em}$  – Resistência térmica entre o exterior e a massa térmica dos elementos opacos [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ];

$R_w$  – Resistência térmica dos vãos envidraçados entre o ar exterior e o ar interior [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ];

$R_v$  – Resistência térmica associada ao caudal de ar novo introduzido no espaço [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ];

$C_m$  – Massa de inércia, concentrada no interior dos elementos opacos da envolvente [ $J/^\circ C$ ];

A figura 2.1, representada em seguida, ilustra estas grandezas, assim como as trocas de calor ocorrentes num dado espaço. Nesta é possível observar a ação das resistências térmicas e da massa de inércia suprarreferidas face aos fluxos de calor gerados pela ação da radiação solar ( $I_{solar}$ ), ventilação mecânica e dos diferenciais dos vários parâmetros de temperatura. São então representadas a temperatura do ar interior do espaço útil ( $T_i$ ), a temperatura média das superfícies da envolvente em contacto com o ar interior ( $T_s$ ), a

temperatura média da massa térmica ( $T_m$ ), a temperatura dos locais não-úteis ( $T_{LNA}$ ) e por último a temperatura do ar exterior ( $T_e$ )

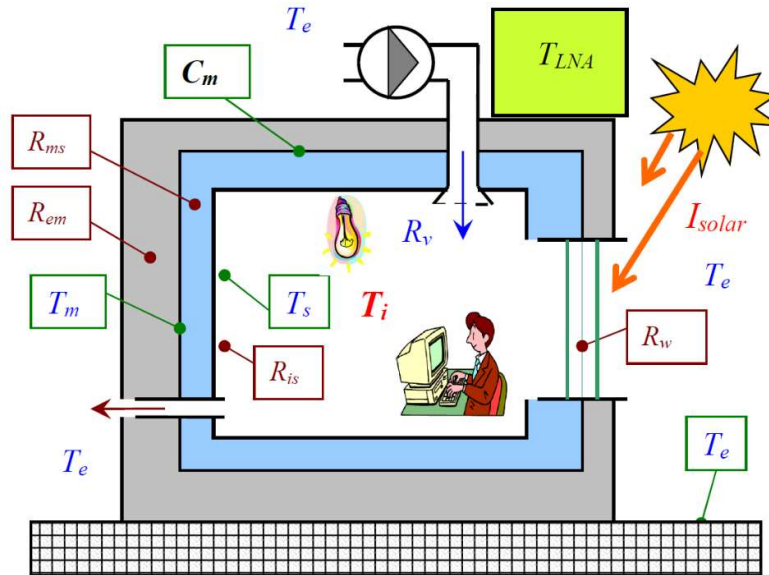


Figura 2.1 Esquema de princípio do modelo 5R1C (Raimundo, 2008)

As temperaturas acima referidas podem ser determinadas por via analítica, com recurso à norma ISO 13790 (2006) e a Raimundo (2008), caso se conheça o valor exato do fluxo de calor que o sistema de climatização deve debitar ( $P_{hc}$ ) de forma a manter a temperatura para que os *Set-Points* pretendidos sejam satisfeitos. Ora, no caso em estudo, não é possível saber esse valor à partida, pelo que o programa *SEnergEd* utilizará um método iterativo, também ele presente e descrito em grande pormenor nos documentos acima referidos.

## 2.2. Avaliação do Nível de Conforto Térmico em Espaços Interiores

A norma ISO 7730 (2005) serve como referência a este estudo no sentido de quantificar o conforto térmico, parâmetro que é, por definição, extremamente relativo. O Voto Médio Previsto, *Predicted Mean Vote* (PMV) é definido nesta norma como um índice que prevê, numa escala de 7 valores distintos, qual o voto médio, caso um grupo de pessoas, em determinadas condições, ocupasse o espaço.

A tabela 2.1 (ISO 7730, 2005) reflete os 7 graus de conforto térmico, com centro no valor nulo, que indica o ponto em que menor percentagem desse hipotético grupo estará termicamente desconfortável.

**Tabela 2.1 Escala de 7 etapas do conforto térmico (ISO 7730, 2005)**

+3	Muito Quente
+2	Quente
+1	Ligeiramente Quente
0	Neutro
-1	Ligeiramente Frio
-2	Frio
-3	Muito Frio

Esta escala tem como base teórica o balanço térmico do corpo humano. Este parâmetro é obtido quando a produção de calor inerente ao organismo é equivalente às perdas de calor que se dão para o ambiente (ISO 7730, 2005).

O PMV depende não só da temperatura, mas também de um conjunto alargado de fatores, pelo que pode ser obtido através de várias conjugações de valores de taxa de atividade metabólica ( $M$ ), isolamento do vestuário ( $I_{cl}$ ), temperatura do ar interior ( $T_i$ ), temperatura média radiante ( $\bar{T}_r$ ), velocidade do ar no espaço interior ( $v_{ar}$ ) e a humidade relativa. É determinado analiticamente com base nas equações da norma ISO 7730 (2005). Para obter os parâmetros já referidos, é também necessário contabilizar o trabalho ( $W$ ), o fator de área de vestuário ( $f_{cl}$ ), a temperatura à superfície do vestuário ( $T_{cl}$ ), o coeficiente de transmissão de calor por convecção ( $h_c$ ) e a pressão parcial de vapor ( $p_{pv}$ ).

O PMV está diretamente relacionado com a percentagem prevista de insatisfação (PPD). O PMV indica o valor médio dos votos de todos os ocupantes de um dado espaço, os valores individuais de cada pessoa encontrar-se-ão dispersos à volta deste. Por este motivo, é útil a utilização do PPD de modo a determinar, para cada valor de PMV, a percentagem de pessoas que não se sentem confortáveis no espaço em análise. Partindo de um valor para o PMV, é facilmente encontrado o PPD correspondente, através da equação (2.1), presente na norma ISO 7730 (2005).

(2.1)

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0.03353 * PMV^4 - 0.2179 * PMV^2)$$

Esta equação tem a sua tradução gráfica exposta na figura 2.2. É possível verificar que, mesmo para uma sensação térmica neutra, correspondente ao valor central na escala do PMV, nunca o PPD será igual a 0. Significa isto que existirá sempre um mínimo de 5% de um hipotético grupo em análise que não estará satisfeito com as condições térmicas do espaço a climatizar (ISO 7730, 2005).

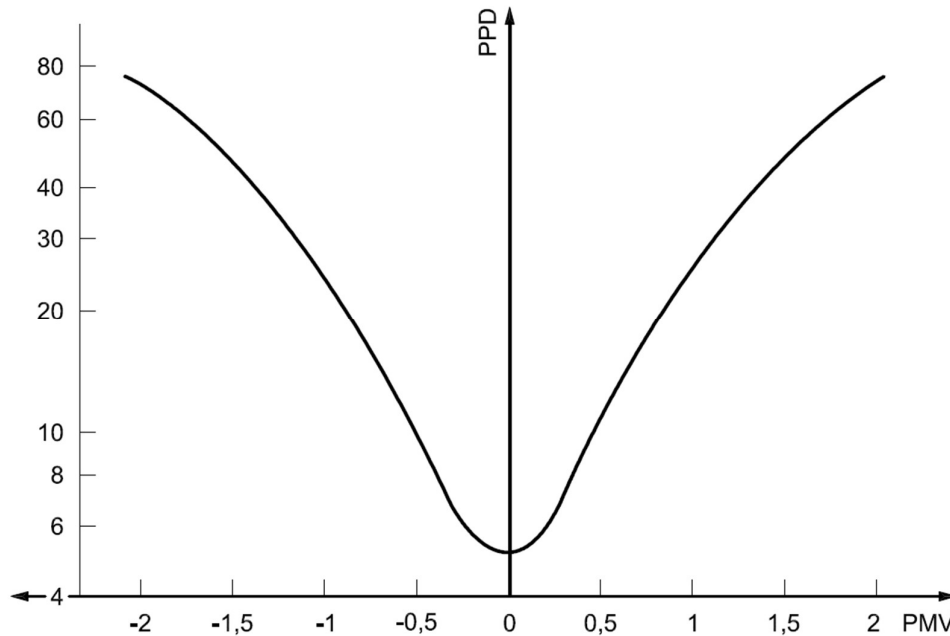


Figura 2.2 Evolução da insatisfação (PPD, %) de acordo com a escala de PMV (ISO 7730, 2005)

Como a norma ISO 7730 (2005) define o PMV de forma contínua, tal como implementado no SEnegEd através do código presente no Anexo A, foram determinadas classes de conforto térmico para os efeitos deste estudo. Estas por ordem decrescente de exigência em relação aos níveis de conforto, são estabelecidas por A++, A+, A, B, C e D.

A primeira classe, A++ limita bastante os valores de PMV, estabelecendo o intervalo entre -0,25 e 0,25. Por sua vez, A+ alarga o intervalo de valores, passando a ser entre -0,5 e 0,5. Partindo desta classe, o incremento é constante. A classe A restringe os valores de PMV entre -1 e 1, a classe B entre -2 e 2 e a classe C entre -3 e 3. A última classe, D, indica a ausência total de sistemas de climatização em funcionamento, sendo que a compra destes deixa de ser também contabilizada para o CAE.

### 2.3. Custo Anual Equivalente do Ciclo de Vida dos Edifícios

A metodologia utilizada no cálculo do Custo Anual Equivalente (CAE) para os edifícios em questão neste estudo é retirada dos textos de apoio à unidade curricular de Economia e Gestão Industrial (Raimundo, 2015), integrante do quarto ano do MiEM-UC. Aplicando esta, é possível identificar os *cash-flows* ( $CF$ ) correspondentes aos edifícios, como a diferença entre os rendimentos por eles produzidos ( $R$ ) e os gastos que requerem ( $G$ ).

(2.2)

$$CF = R - G$$

Este cálculo poderá ser feito em cada período de avaliação. Os rendimentos associados a edifícios, como os que se encontram em análise nos posteriores capítulos, limitam-se ao aluguer de espaço e à possível venda de energia, nenhum dos quais contabilizado para os efeitos deste estudo. Estão assim os edifícios em questão limitados aos gastos decorrentes das suas soluções construtivas, aos impostos sobre eles aplicados pelo estado português e ao consumo contínuo de energia na forma de eletricidade ou gás natural.

Será empregue uma análise a preços constantes. Todos os parâmetros serão avaliados como se ocorressem no instante da origem, com base no princípio de que todas as taxas de atualização,  $i$ , dos preços são iguais entre si e iguais à taxa de inflação, neste estudo, considerada a 3.00% (Inflação Generalizada Homotética).

O Valor Líquido Atual (VLA) representa a soma de todos os valores associados a um dado projeto de investimento, reportados ao instante da origem, representado na equação (2.3), em que  $I$  representa o investimento inicial necessário à aquisição de terrenos e materiais, construção e instalação de todos os sistemas e condições pretendidos para a utilização do edifício, e  $VR$  representa o valor residual restante após o período de vida útil do edifício  $n$ , neste caso igual a 50 anos. Importa notar que esta equação apenas é válida para casos em que o investimento seja totalmente realizado no instante atual do cálculo.

(2.3)

$$VLA = \frac{VR}{(1+i)^n} - I + \sum_{k=m}^{k=n} \frac{CF_k}{(1+i)^k}$$

Dado que nos edifícios em análise, e em projetos cujo objetivo passa pela redução de custos, e não pela obtenção de lucro, o CAE é um parâmetro, baseado no VLA,

que traduz substancialmente melhor as situações previstas. Dado que os *cash-flows* serão sempre negativos, é expectável que o VLA também o seja, o que por definição, dita um mau projeto de investimento. Contudo, aplicar a equação (2.4), correspondente à definição de CAE, permite uma perspetiva mais correta sobre a viabilidade, ou não, de um dado investimento, quando o objetivo passa pela redução de custos de operação, como é o caso.

(2.4)

$$CAE = -VLA * \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n}$$

O VLA é assim transformado em rendas anuais, permitindo uma avaliação muito mais simples do investimento mais vantajoso ao longo do seu período de vida útil.

Nesta dissertação, é previsível esperar que o CAE estabeleça uma relação positiva com o aumento do nível mínimo de conforto térmico e com as piores condições construtivas, que tornarão mais exigente o nível de atuação dos sistemas de climatização.

Todas as ferramentas que permitem esta operação já se encontram aplicadas no *SEnergEd*.

## 2.4. Software *SEnergEd* – Versão 3.3.2

A versão do programa *SEnergEd*, sobre a qual o desenvolvimento se iniciou, foi a numerada v3.3.2., já utilizada nas dissertações às quais este estudo serve de continuidade (Rebello, 2016) (Saraiva, 2017), aplica o modelo de simulação dinâmica monozona, horária anual, 5R1C, descrito em Raimundo (2008). Esta versão visa climatizar o espaço útil, com base em valores máximo e mínimo de temperatura interior (*Set-Points*), adquirindo também a humidade relativa máxima pretendida no espaço.

O programa requer *inputs* das condições climatéricas da região onde o espaço útil se encontra inserido, assim como dados acerca da dimensão e localização deste em relação a potenciais obstáculos. É necessário introduzir os vários tipos de soluções construtivas, sendo obrigatória a descrição total e correta da envolvente da zona útil. É necessário também quantificar e introduzir perfis diários de ocupação, iluminação e utilização da totalidade dos equipamentos não-AVAC presentes na zona útil.

Em termos de climatização, é necessário descrever na totalidade as características energéticas, assim como perfis de funcionamento diários dos sistemas de AVAC.

Na referida iteração v3.3.2. do programa, após introdução de todos os dados necessários, o mesmo irá utilizar o processo iterativo de cálculo, presente no modelo 5R1C (Raimundo, 2008), de forma a obter as potências térmicas necessárias a exigir aos sistemas AVAC, de modo a ser possível a manutenção da temperatura interior do espaço a climatizar entre dois *Set-Points* de temperatura, sempre que os sistemas de climatização estiverem funcionais, dado que os aplicados sejam capazes de preencher esses requisitos.

O resultado, para sistemas de climatização capazes e funcionais a tempo inteiro, é algo semelhante a este (figura 2.3), em que as linhas horizontais a azul representam os *Set-Points* máximo (24°C) e mínimo (21°C). Os pontos em verde representam a temperatura no exterior, enquanto que os pontos em vermelho simbolizam a temperatura no interior da zona útil.

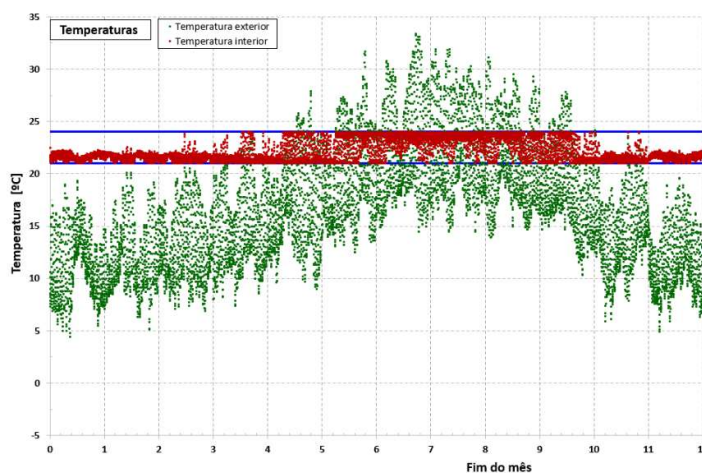


Figura 2.3 Exemplo de resultado gráfico do *SEnergEd* v3.3.2. (Saraiva, 2017)

Associado a estes resultados vêm os valores concretos para o CAE de um investimento. São obtidos com recurso aos métodos apresentados na subsecção anterior e aos preços das soluções construtivas, devidamente encontrados, assim como a todos os parâmetros correspondentes a gastos com consumos de energia, conservação do edifício e carga fiscal. É assim facilitada a comparação entre diferentes modelos de climatização e tipos de construção.



## 2.5. Software *SEnergEd* – Versão 4.1.0.

A versão v3.3.2. foi utilizada como base para o desenvolvimento das funções requeridas por este estudo. Foi desenvolvida com o objetivo de permitir a transição fácil ao utilizador entre o cálculo do CAE, através dos *Set-Points* de temperatura e um novo tipo de *Set-Points*, definidos pela escala de PMV, fazendo este parâmetro, juntamente com todos aqueles necessários à sua obtenção, ditar a temperatura do espaço interior.

Através da adição de funções específicas e dos novos inputs necessários, foi atingida a versão v4.1.0 do *SEnergEd*, capaz do que está referido no parágrafo anterior, ainda com alguns ajustes não diretamente impactantes, ou necessários para o cálculo, mas ainda assim melhorias importantes no programa.

### 2.5.1. Implementação de Controlo da Climatização por *Set-Points* de PMV

Para a implementação deste novo método de controlo, em primeira instância, tendo em conta a equação (2.1), foi necessário garantir que o programa tinha condições para a introdução de todos os dados necessários ao controlo por este novo método.

Foram introduzidas novas secções na página da Utilização que permitem quantificar o isolamento do vestuário ( $I_{cl}$ ) e o eventual trabalho ( $W$ ) realizado no espaço.

Na página referente à Climatização foi introduzido um *switch* que permite fazer a troca entre os dois tipos de controlo, assim como *inputs* para o PMV mínimo e máximo desejados pelo utilizador.

Inseriu-se um *input* para a velocidade do ar, apenas relevante para o cálculo do PMV, na página da Ventilação.

Por forma a realizar o cálculo equivalente à equação (2.1), utilizando o *Microsoft Visual Basic for Applications*, foi criada uma função, adaptada do código exemplo para cálculo iterativo de PMV, presente no anexo D da norma ISO 7730 (2005), e exposto no Anexo A desta dissertação. Essa função fica passível de ser chamada no programa e é responsável pelo cálculo do PMV, dados os *inputs* já referidos na secção 2.2, que recolhe na folha CalcTerm para os 8 760 intervalos de um ano.

O processo de cálculo que se segue é semelhante ao descrito no modelo 5R1C (Raimundo, 2008), com a alteração da temperatura para o PMV.

Há um valor inicial de PMV que é calculado supondo que não há climatização, com base nos valores ocorrentes no intervalo de tempo (*time-step*) anterior. Avaliando se este valor está dentro ou fora do intervalo pretendido pelo utilizador, o programa dá sinal de aquecimento, arrefecimento ou nenhum destes, caso o PMV satisfaça os requerimentos.

Caso o valor não seja o pretendido, o programa calcula, sem limitações, qual seria a potência necessária para alterar a temperatura do espaço útil de modo a igualar o PMV ao seu *Set-Point* mais próximo. Posto isto, numa terceira etapa, o programa cruza essa informação com a potência disponível pelos equipamentos selecionados ou existentes e calcula assim o valor final. Caso a potência disponível não seja suficiente para cobrir a potência necessária para atingir o valor pretendido, este cairá fora do intervalo desejado.

Os resultados são expostos graficamente no programa e o valor do PPD é obtido para cada intervalo, com base no valor de PMV obtido para o mesmo.

### **2.5.2. Implementação de Outras Melhorias**

Na página referente à *Utilização* foi acrescentado um *input* que requer um perfil de atividade por hora, dependendo do dia da semana, substituindo um valor constante na versão v3.3.2., caso existam atividades distintas ao longo do dia.

A página que inicialmente expunha dois gráficos em simultâneo - Temperatura-Tempo e Potência-Tempo - foi separada e neste momento existem 4 páginas com informação gráfica acerca da evolução anual de vários fatores. A primeira mostra o contraste entre a temperatura interior e exterior ao espaço útil, seguindo-se as evoluções do PMV, de PPD e das potências térmicas empregues. Todas estas hipóteses funcionam nos dois tipos de controlo, ou seja, é possível analisar o conforto térmico mesmo quando se faz o controlo por temperatura, sendo o contrário também possível.

Na página de consulta do CAE, foi acrescentada uma secção que mostra o CAE por unidade de área, tornando possível aferir quais os tipos de edifícios mais dispendiosos por metro quadrado.

### 3. MATERIAL BASE PARA O ESTUDO

Na presente secção será introduzido todo o material necessário para possibilitar a análise dos casos que tornam o estudo relevante. São analisados 5 tipos diferentes de edifícios, com utilizações e ocupações distintas. Estes serão colocados em três regiões climáticas diferentes, representando o clima português. Serão analisados dois tipos diferentes de soluções construtivas, e as seis classes de exigência em termos de conforto térmico já explicadas na secção 2.2.

Nas subsecções que se seguem, todos os parâmetros referidos no parágrafo anterior serão expostos com maior detalhe.

#### 3.1. Zonas Climáticas de Portugal Continental

##### 3.1.1. Zonamento Climático

Segundo o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE, 2013) e presente em decreto-lei, no despacho nº 15793 F/2013, em Portugal, são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3). As zonas designadas 1 são representativas de um clima suave, enquanto que as zonas 2 e 3 mostram uma intensidade crescente das condições climatéricas.

O zonamento de inverno tem como base o número de graus-dia (GD), baseado em 18 °C, correspondente à estação de aquecimento (tabela 3.1). O zonamento de verão é definido a partir da temperatura média exterior durante a estação de arrefecimento ( $\theta_{e,v}$ ) (tabela 3.2) (Despacho nº 15793, 2013).

**Tabela 3.1 Critérios para determinação da zona climática de inverno (SCE, 2013)**

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

**Tabela 3.2 Critérios para determinação da zona climática de verão (SCE, 2013)**

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

### 3.1.2. Zonas Climáticas Representativas

O objetivo na seleção de três locais distintos para a simulação dos edifícios passou por tentar estabelecer uma representação plural do clima em Portugal Continental, procurando obter resultados nas três zonas climáticas de cada estação, como estabelecidas anteriormente.

Foi selecionado o concelho de Odemira, no distrito de Beja, Alentejo, para a simulação em casos de clima ameno (I1-V1). Para casos intermédios (I2-V2), o concelho de Ansião, no distrito de Leiria, Beira Litoral. As situações de clima mais intenso (I3-V3) foram simuladas com base nas condições climatéricas sentidas no conselho de Mirandela, distrito de Bragança, Trás-Os-Montes (RCCTE, 2006).

É importante referir, tal como Saraiva (2017), que os cálculos realizados nas condições do SCE (2013) indicam que o concelho de Odemira apresenta um verão intenso e um inverno ameno (I1-V3), por contraste aos valores apresentados no parágrafo anterior. Isto indica que a estação de arrefecimento neste local pode não ser o melhor indicador possível de V1.

A localização geográfica dos respetivos concelhos em análise está exposta na figura 3.1.

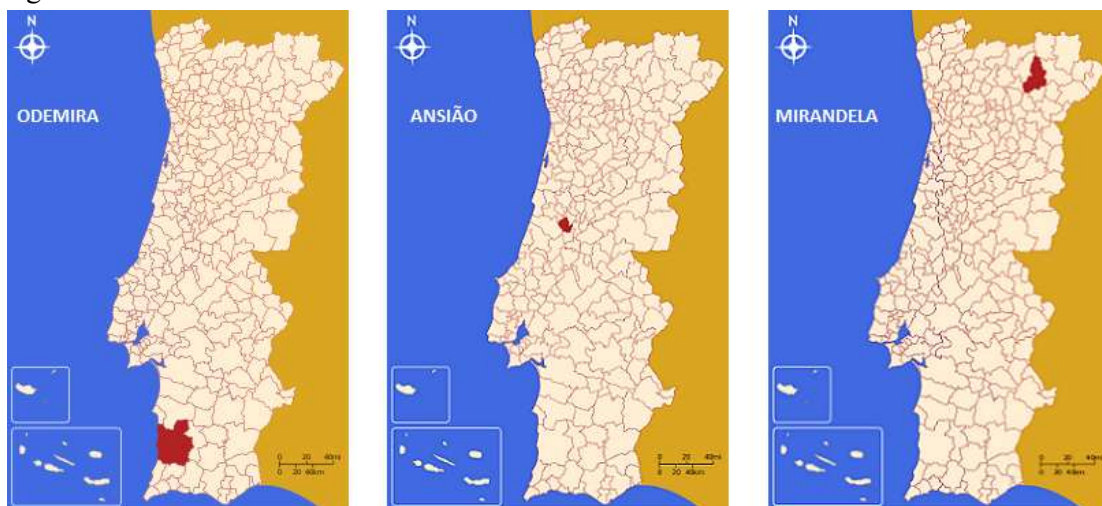


Figura 3.1 Localização geográfica dos concelhos em análise (Wikipédia, 2018)

## 3.2. Edifícios Representativos do Edificado Português

Os edifícios analisados neste estudo são aqueles que Saraiva (2017) analisou. O agrupado visa representar parte do espectro imóvel encontrado em Portugal. O conjunto conta com dois edifícios residenciais e três edifícios de serviços. São estes um apartamento, uma moradia individual, uma clínica privada, uma escola secundária e um supermercado.

### 3.2.1. Apartamento

Por Raimundo et. al (2011a), o primeiro dos edifícios residenciais, um apartamento, cuja planta será presente na figura 3.2, com a sua fachada principal orientada a sul, conta com uma área útil total de 109,40 m<sup>2</sup> e um pé direito médio de 2,6 m. No Anexo B, nas figuras 0.1 e 0.2, é possível ver o edifício onde a fração autónoma analisada se insere,



Figura 3.2 Planta do apartamento (Raimundo et al, 2011a)

e o contexto deste na zona envolvente.

O apartamento T3, conta três quartos, uma cozinha, uma sala, duas instalações sanitárias, um vestíbulo, um espaço de circulação comum e um espaço para arrumos. Existem também três varandas na fração autónoma em análise.

O espaço será ocupado por 4 pessoas na totalidade do ano, excetuando o mês de agosto, onde a ocupação passará a metade por motivo de férias. Os perfis horários de ocupação, uso de iluminação e de equipamentos não relativos a AVAC são representados nas tabelas 0.1, 0.2 e 0.3, no Anexo B, por motivos de continuidade textual.

De modo a estabelecer uma descrição completa e relevante para a análise do caso do apartamento segundo o PMV é necessário introduzir informação acerca do tipo de

atividade metabólica exercida pelos habitantes do espaço. Assim, tendo em conta o descrito na norma ISO 8996 (2004), foi considerada uma atividade média constante igual a 1,2 met.

O nível de isolamento do vestuário no interior da zona útil foi considerado segundo a norma ISO 9920 (2007). Este é um parâmetro que se considera variável de acordo com a estação do ano. Foi considerado um isolamento médio igual a 0,7 clo para o verão, 0,9 clo para as estações intermédias e 1,1 clo para o inverno.

O aquecimento das águas quentes sanitárias (AQS) é garantido através de um campo de painéis solares térmicos com uma área de 4,7 m<sup>2</sup>, instalado no terraço existente na cobertura. A este sistema de coleção de energia acrescenta-se uma caldeira de apoio, a gás natural.

O investimento inicial resultante neste caso, reduzindo a este os custos das soluções construtivas (os valores vão variar dependendo do caso em estudo), pode ser encontrado na tabela 0.4, no Anexo B.

### 3.2.2. Moradia

Como visto em Raimundo et. al (2011b), a moradia individual em análise neste estudo apresenta uma área útil em análise de 167,13 m<sup>2</sup>, inserida num terreno com uma área total de 1200 m<sup>2</sup>, conforme a figura 3.3. A moradia dividir-se-á em três pisos, cujas plantas podem ser consultadas no Anexo B, nas figuras 0.3, 0.4 e 0.5. A zona útil climatizada consiste apenas no piso intermédio da habitação, adicionando a este o espaço de leitura no sótão.



Figura 3.3 Moradia Individual e terreno circundante (Raimundo et al, 2011b)

O piso inferior do edifício, a cave, contém uma adega, uma lavandaria, arrumos e ainda uma zona técnica. Ao abrigo do RCCTE (2006), estes espaços não são considerados úteis, pelo que não necessitam climatização.

A zona climatizada conta com dois quartos, um escritório, salas, uma cozinha, duas instalações sanitárias e dois vestíbulos, todos presentes no piso intermédio. No piso superior apenas figura um espaço de leitura.

Ao contrário do que sucede no apartamento, o pé direito da zona em análise não é constante. Existem, por exemplo, no caso das salas, zonas que têm pé direito duplo. O valor em questão foi então encontrado através de uma média ponderada e resultou em 2,62 m.

A moradia apresenta uma área exterior coberta por envidraçados de 49,68 m<sup>2</sup>. Os elementos opacos da envolvente são pintados de cor clara.

O edifício apresenta um sistema de coletores solares com 4 m<sup>2</sup>, orientados a sul numa inclinação de 42°.

Os custos totais de investimento inicial, descontando o preço das soluções construtivas devido à variação de casos, é apresentado no Anexo B, na tabela 0.8.

À semelhança do que se sucede com o apartamento, esta moradia assume uma tipologia V3, onde habitam 4 pessoas. A moradia encontra-se em funcionamento a 100 %, com exceção ao mês de agosto devido a férias, em que os sistemas do edifício se encontram a 50 %. Os perfis de ocupação e uso de iluminação e outros equipamentos (não-AVAC) encontram-se na forma de tabela, no Anexo B.

Tendo em conta o descrito na norma ISO 8996 (2004), foi considerada uma atividade média constante igual a 1,2 met. O nível de isolamento do vestuário no interior da zona útil foi considerado segundo a norma ISO 9920 (2007). Este é um parâmetro que se considera variável de acordo com a estação do ano. Foi considerado um isolamento médio igual a 0,7 clo para o verão, 0,9 clo para as estações intermédias e 1,1 clo para o inverno.

### **3.2.3. Clínica Privada**

Segundo Raimundo et. al (2011c), a clínica em análise neste estudo é de gestão privada e conta com serviço de internamento, pelo que está em funcionamento na totalidade do dia. O edifício em que esta se insere, representado na figura 3.4, apresenta dois pisos e divide o seu espaço também com uma farmácia, ocupando esta apenas um canto do piso inferior (consultar anexo B, figura 0.6). O restante edifício é considerado zona útil à clínica.

No piso inferior, excluindo a farmácia, é possível distinguir zonas da clínica determinadas para receção, lavandaria, cozinha, espaço de refeições e uma sala comum na ala Nordeste. Na ala a Sudeste, a de maiores dimensões, encontram-se salas de tratamento, um gabinete médico, um ginásio para fisioterapia e espaços para terapia e desinfeção. A zona técnica e alguns armazéns também estão situados na ala Sudeste. Finalmente, a ala Sudoeste é maioritariamente destinada ao serviço de internamento, figurando nesta oito quartos duplos, cada um destes equipado com uma instalação sanitária.

O piso superior é apenas destinado à direção da clínica e restantes serviços administrativos. O acesso a este piso é feito através de umas escadas interiores, situadas no espaço de receção do piso inferior.

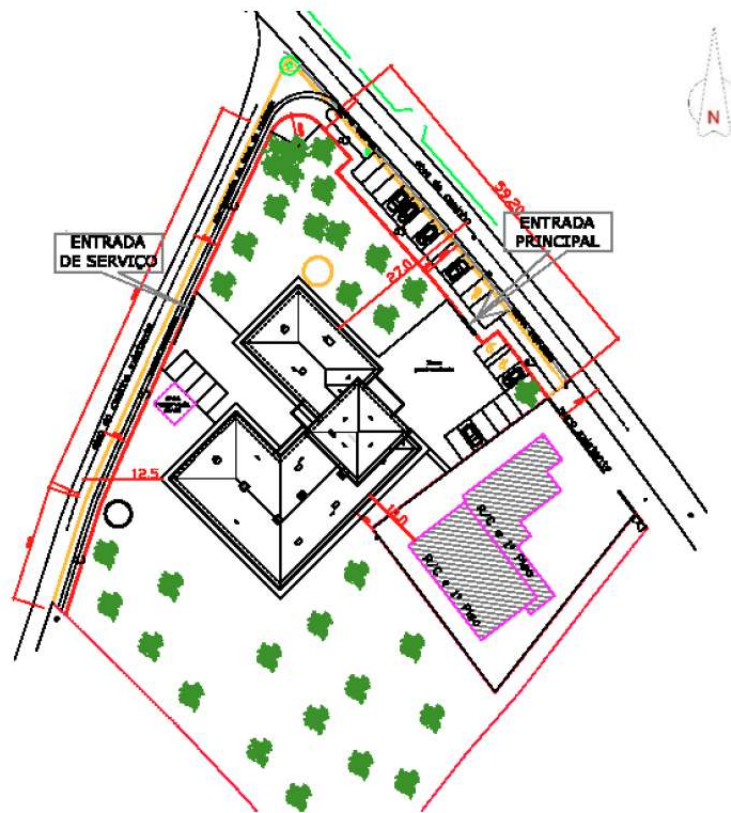


Figura 3.4 Clínica Privada (Raimundo et al, 2011c)

A área útil a climatizar é então composta por uma área de 926,70 m<sup>2</sup>, com um pé direito médio de 3,73 m.

Diretamente abaixo da cobertura para o exterior, e em contacto com o espaço útil, está um desvão não habitado e fortemente ventilado.



As paredes exteriores da envolvente opaca da clínica estão pintadas com cores claras. Existe uma área total de 192,76 m<sup>2</sup> de envidraçados em contacto com o exterior.

Há um campo de painéis solares térmicos, composto por 10 coletores, perfazendo uma área total de coleção de energia solar de 20 m<sup>2</sup>, orientada a sudoeste, com uma inclinação de 35°.

Em termos de utilização, devido ao serviço de internamento, o edifício funciona durante a totalidade do dia e do ano. É considerado que a clínica apresenta uma capacidade máxima de 152 pessoas e funciona a 100 % nas horas úteis do dia (08 h - 17 h), funcionando e a 50 % nas restantes.

Ao contrário do que Rebelo (2016) considerou, neste caso, não será contabilizado o rendimento proveniente do aluguer de espaço à farmácia.

Os perfis de ocupação, uso de iluminação e de equipamentos, assim como os custos associados ao investimento inicial, não contabilizando os gastos com a envolvente opaca da zona útil podem ser encontrados em forma de tabela no Anexo B.

Tendo em conta o descrito na norma ISO 8996 (2004), foi considerada uma atividade média constante igual a 1,6 met. O nível de isolamento do vestuário no interior da zona útil foi considerado segundo a norma ISO 9920 (2007). Este é um parâmetro que se considera variável de acordo com a estação do ano. Foi considerado um isolamento médio igual a 0,7 clo para o verão, 0,9 clo para as estações intermédias e 1,1 clo para o inverno.

### 3.2.4. Escola Secundária

A escola de referência para análise neste capítulo é a Escola Secundária Avelar Brotero, situada em Coimbra, uma vez que esta já foi estudada por Claro (2015). A divisão por blocos da mesma é exposta em seguida, na figura 3.5. A fachada principal, correspondente ao Bloco C está orientada a Este. Mais imagens da escola podem ser consultadas no Anexo B.

Nos blocos A e B, de três pisos, encontram-se as salas de aula. No bloco C, com

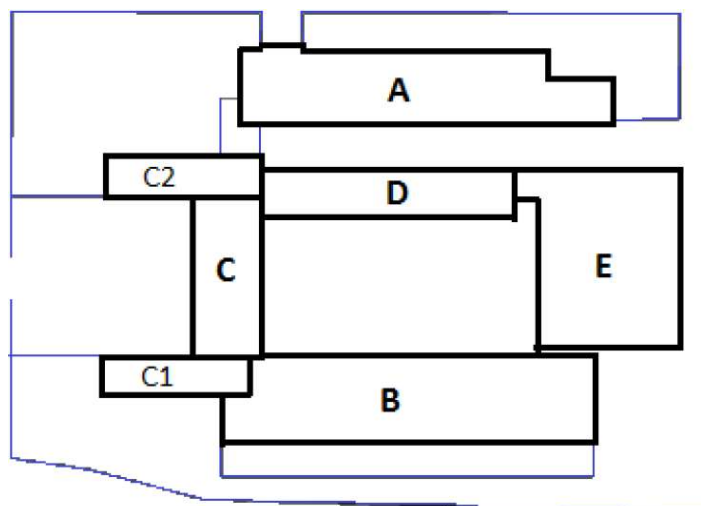


Figura 3.5 Divisão por blocos da escola (Claro, 2015)

4 andares, está a biblioteca, um salão polivalente, a sala dos diretores de turma e a cozinha. No bloco D, de apenas um piso, encontra-se a sala de professores e os balneários, e finalmente, no bloco E está o pavilhão gimnodesportivo. Todas as fachadas do edifício escolar são pintadas de cores claras.

A área a climatizar é ditada apenas pelos espaços de trabalho (salas de aula, gabinetes, salas de professores e secretarias), pelos espaços comuns e de circulação (corredores, cantinas, salão polivalente) e pelas instalações sanitárias e balneários. Espaços como os arrumos, arquivos e o pavilhão gimnodesportivo (aberto numa lateral) não são climatizados. A área útil de pavimento resulta assim de 11 246 m<sup>2</sup>. O pé direito médio é de 3 m.

De modo a assegurar as AQS, estão instalados 20 painéis solares térmicos, com uma área total de coletores de 44 m<sup>2</sup>. Estão orientados de acordo com o azimute Sul, numa inclinação de 40°. Há também um sistema de apoio a esta instalação, garantido por uma caldeira a gás natural.

Os custos de investimento inicial estão dispostos no Anexo B, excluindo os custos relativos às soluções construtivas opacas, pela variabilidade destas ao longo do estudo.

Em termos de rendimentos e gastos, ao contrário do que se sucede com os restantes edifícios estudados, pela natureza pública da escola, o IMI não é cobrado pelo estado, significando isto que se excluem os impostos deste cálculo.

A escola funciona de segunda-feira a sexta-feira, entre as 8 h e as 19 h para o horário normal e entre as 19 h e as 23 h para o horário noturno. Os perfis de ocupação, iluminação e utilização de equipamentos não-AVAC podem ser consultados, em forma de tabela, no Anexo B.

Este edifício público tem capacidade máxima de receber 1 100 ocupantes. Consoante a norma ISO 8996 (2004), foi considerada uma atividade média constante igual a 1,2 met. O nível de isolamento do vestuário no interior da zona útil foi considerado segundo a norma ISO 9920 (2007). Este é um parâmetro que se considera variável de acordo com a estação do ano. Foi considerado um isolamento médio igual a 0,7 clo para o verão, 1 clo para as estações intermédias e 1,3 clo para o inverno.

### **3.2.5. Supermercado**

O supermercado em análise neste estudo já foi avaliado em duas instâncias anteriores. Inicialmente por Vidigueira (2013) e por Saraiva (2017). A informação presente neste capítulo advém destas duas dissertações. Segundo o último, o objetivo da inserção do supermercado no conjunto de edifícios em análise passa por simular um caso de elevadas cargas térmicas e de utilização intermitente.

Na figura 3.6 é exposta uma planta do único piso do edifício analisado. O pé direito deste é igual a 3,6 m, enquanto que a área climatizada soma 1 035 m<sup>2</sup>. Para obter o valor da área de pavimento do espaço a climatizar foi retirado ao total do espaço a área correspondente aos espaços não úteis, sendo estes compostos pelo armazém e pela casa das máquinas.

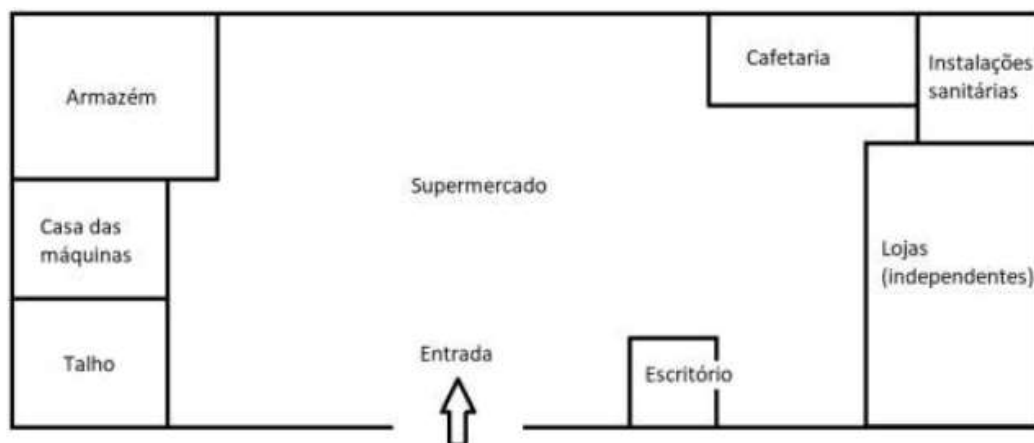


Figura 3.6 Planta do supermercado (Vidigueira, 2013)

O edifício está em funcionamento integral ao longo de todo o ano. Os perfis de ocupação, iluminação e utilização de equipamentos não AVAC podem ser encontrados no Anexo B. É notório nestes a intermitência pretendida para o estudo, uma vez que a ocupação se limita entre as 7 h e as 24 h, sendo inclusive desligados os sistemas AVAC fora deste intervalo.

As AQS são garantidas por um sistema de painéis solares térmicos, com uma área de 5,4 m<sup>2</sup>, orientados a Sul, com uma inclinação de 40°. O sistema de captação de energia solar é apoiado por uma caldeira a gás natural.

No Anexo B é possível encontrar as tabelas correspondentes aos custos do investimento inicial, assim como da utilização anual do supermercado.

Este edifício tem capacidade máxima para 194 ocupantes. Tendo em conta o descrito na norma ISO 8996 (2004), foi considerada uma atividade média constante igual a 1,6 met. O nível de isolamento do vestuário no interior da zona útil foi considerado segundo a norma ISO 9920 (2007). Este é um parâmetro que se considera variável de acordo com a estação do ano. Foi considerado um isolamento médio igual a 0,7 clo para o verão, 1,1 clo para as estações intermédias e 1,5 clo para o inverno.

### 3.3. Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

Os sistemas AVAC usados para todos os edifícios garantem ventilação forçada através de UTA's com rendimento igual a 70 %. A climatização é assegurada por um sistema Chiller-Bomba De Calor por ciclo de compressão, cujo COP é igual a 4 (eficiência do sistema de aquecimento) e o EER é de 3 (eficiência do sistema de arrefecimento). Para todos os sistemas apresentados neste estudo não é considerada a existência de recuperação de calor proveniente dos gases de exaustão/extração, nem freecooling.

Em todos os casos presentes, os sistemas AVAC estão funcionais e ligados sempre que haja qualquer ocupação nos edifícios.

As potências térmicas úteis de aquecimento e de arrefecimento são o único parâmetro variável consoante o edifício, de modo a preencher as necessidades dos mesmos na íntegra.

Como verificado nas descrições dos edifícios, a preparação de AQS está assegurada com recurso a painéis solares térmicos, com dimensão do campo variável, dependendo das necessidades de cada edifício. Estes sistemas contam ainda com o apoio de caldeiras a gás natural com rendimentos de 90 %.

### 3.4. Vãos envidraçados dos Edifícios

O tipo de vãos envidraçados utilizados neste trabalho é diretamente dependente das conclusões retiradas por Rebelo (2016). A autora delineou e avaliou, também com recurso ao *SEnergEd*, vários vãos envidraçados, dividindo-os em classes. As classes variam, com ordem decrescente de eficiência energética entre A+, A-, B+, B-, C+, C-, D+ e D-.

Ao comparar o Custo Anual Equivalente (CAE) para os vários tipos de vãos envidraçados, Rebelo (2016) determinou a classe C- como a que conduziria ao custo ótimo, pelo que será esta a empregue no decurso deste estudo. As características técnicas destes vãos envidraçados são descritas na tabela 3.3.

**Tabela 3.3 Características técnicas dos envidraçados (Rebelo, 2016) (retirada de Saraiva, 2017)**

Subclasse energética	$U_{w\bar{d}n}$ [W/m <sup>2</sup> .K]	$g_{\perp\text{-vidro}}$	$g_{\perp 100}$	Custo médio dos Envidraçados s/IVA	
C-	2,465	0,786	0,05	185,00	€/m <sup>2</sup>

Nesta tabela,  $U_{\text{wdn}}$  corresponde ao valor médio do coeficiente de transmissão de calor entre o dia e a noite,  $g_{\perp\text{vidr}}$  é o fator solar dos vidros, e  $g_{\perp 100}$  trata-se do valor do fator solar correspondente a um sistema de proteção 100 % ativo.

As janelas escolhidas possuem vidro duplo, com caixa de ar, e contam ainda com um caixilho de alumínio, com corte térmico. Os dispositivos de proteção solar empregues são aplicados no exterior, e consistem de estores elétricos de réguas horizontais metálicas com isolamento pelo seu interior.

Os 185 €/m<sup>2</sup> que representam o custo médio dos envidraçados sem aplicação de IVA podem ser divididos em 125 €/m<sup>2</sup> correspondentes ao vão envidraçado, e 60 €/m<sup>2</sup> atribuídos ao custo do dispositivo de proteção.

### **3.5. Soluções Construtivas Opacas dos Edifícios**

As soluções construtivas descritas nesta secção e, por consequência, empregues neste trabalho são aquelas selecionadas por Saraiva (2017).

Como observado por Saraiva (2017) na análise do CAE dos vários casos analisados pelo autor, isolar com Poliestireno Extrudido (EPS) leva a custos inferiores, pelo que será este o isolante considerado.

Sem isolamento, em todos os edifícios foram aplicados os mesmos materiais, com a mesma estrutura básica para elementos opacos semelhantes. A tabela 3.4 descreve todas as soluções construtivas opacas de base para a envolvente exterior. O isolamento térmico, quando aplicado, irá obrigatoriamente retirar espessura destas soluções.

**Tabela 3.4 Elementos construtivos de base, sem isolamento térmico (Saraiva, 2017)**

Envolvente Opaca Exterior		
Elemento Construtivo	Espessura (cm)	Descrição (do exterior para o interior)
Parede Exterior	38	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Tijolo furado normal de 22 cm. Espaço de ar fracamente ventilado com 1 cm. Tijolo furado normal de 11 cm. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Pilar/Viga Exterior	38	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Betão armado (volume de ferro < 1 %) de inertes com 22 cm. Espaço de ar fracamente ventilado com 1 cm. Tijolo furado normal de 11 cm. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Caixa de Estore	35	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Caixa de estore com 31 cm de Poliestireno Expandido Moldado – EPS. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Pavimento sobre o Exterior	55	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Laje aligeirada a uma vigota com 38 cm. Betão isolante com areia leve com 7,5 cm. Betonilha (argamassa) com 5,5 cm. Madeira de carvalho com 2 cm.
Cobertura Plana sobre o Exterior	33,3	Seixo (inerte) calcário com 4 cm. Feltro Betuminoso com 0,3 cm. Betonilha (argamassa) com 4 cm. Laje aligeirada a uma vigota com 23 cm (cerâmico 1 furo, 20 cm + betão 3 cm, base 16-30 cm). Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.

Os valores de Massa Superficial Útil ( $M_{si}$ ), coeficientes de globais de transmissão térmica ( $U$ ) assim como o correspondente custo por unidade de área ( $m^2$ ) foram obtidos anteriormente a este estudo, por Saraiva (2017), e são apresentados nas tabelas 3.6 e 3.7, em seguida. A ferramenta necessária para a obtenção dos dois primeiros valores foi a folha de cálculo CalProTerm (Raimundo, 2016), enquanto que o custo por unidade de área terá sido obtido com recurso ao Gerador de Preços Cype (Cype, 2017).

**Tabela 3.5 Parâmetros de simulação de elementos da envolvente opaca exterior (Saraiva ,2017)**

<b>Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>M<sub>si</sub></b> (kg/m <sup>2</sup> )	<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> . K)	<b>Custo</b> (€/m <sup>2</sup> )
Parede Exterior	150,0	0,872	57,10
Pilar ou Viga	150,0	1,364	141,49
Caixa de Estore	38,0	1,010	96,67
Porta Blindada Exterior	29,0	1,600	808,90
Pavimento Sobre o Exterior	150,0	1,169	177,21
Cobertura Plana não acessível sob o Exterior	150,0	2,402	86,63

**Tabela 3.6 Parâmetros de simulação de elementos da envolvente opaca interior (Saraiva, 2017)**

<b>Envolvente Opaca Interior</b>	<b>M<sub>si</sub></b> (kg/m <sup>2</sup> )	<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> . K)	<b>Custo</b> (€/m <sup>2</sup> )
Parede Com Outros Espaços Interiores	134,0	1,019	47,02
Pilar ou Viga com Espaços Interiores	150,0	1,215	141,49
Porta Blindada Interior	29,0	1,600	808,90
Pavimento Sobre Espaço Interior	150,0	1,015	177,21
Cobertura sob o Interior	150,0	1,219	177,17

**Tabela 3.7 Parâmetros de simulação de elementos de compartimentação interior (Saraiva, 2017)**

<b>Elementos de Compartimentação Interior</b>	<b>M<sub>si</sub></b> (kg/m <sup>2</sup> )	<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> . K)	<b>Custo</b> (€/m <sup>2</sup> )
Parede Fina	172,00	-	36,27
Parede Grossa	268,00	-	47,02
Pilares e Vigas	300,00	-	149,49
Porta Interior	18,00	-	280,23
Pavimento de compartimentação	300,00	-	177,21
Cobertura de compartimentação	300,00	-	177,17



Após análise dos resultados e conclusões retirados por Saraiva (2017), é possível perceber que, para todos os casos analisados, a solução que leva ao menor CAE é exclusivamente o isolamento térmico sendo aplicado pelo meio, via caixa de ar. Segundo o autor, nesta situação, em todas as paredes, pilares e vigas das envolventes, o isolamento é colocado diretamente na caixa de ar, restando ,após a colocação do EPS, 1 cm de espaço de ar. Nas caixas de estore, o isolamento é aplicado entre a mesma e o acabamento.

No caso dos pavimentos, o EPS será aplicado pelo interior, visto ser esta a solução mais comum nos dias correntes. No caso das coberturas, o isolante é aplicado pelo exterior, sendo esta a solução mais utilizada, mais económica e mais prática hoje em dia.

Em termos de análise neste estudo, as soluções construtivas variam de acordo com os resultados obtidos por Saraiva (2017). Foi analisada, para cada zona climática, duas soluções construtivas diferentes para cada edifício, sendo estas em caso de ausência de isolamento térmico, e posteriormente, no caso em que o CAE resultante no estudo de Saraiva (2017) foi o mais reduzido. Na tabela 3.9 estarão expostos todos os casos analisados de acordo com a espessura de isolamento térmico colocado.

**Tabela 3.8 Diferentes espessuras de isolamento térmico (EPS) analisadas**

	APARTAMENTO	MORADIA	CLÍNICA	ESCOLA	SUPERMERCADO
ODEMIRA	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
	80 mm	80 mm	60 mm	40 mm	40 mm
ANSIAO	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
	80 mm	100 mm	80 mm	50 mm	50 mm
MIRANDELA	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm	80 mm	80 mm

### 3.6. Tarifas da Energia Elétrica e do Gás Natural

Segundo o Eurostat (2018a), endereço oficial com estatísticas relevantes à União Europeia, a tarifa média, ou seja, o preço médio de venda de eletricidade ao consumidor amonta a 0,185 €/kWh para o setor residencial, e 0,115 €/kWh para os setores de comércio e serviços.

De novo, de acordo com o Eurostat (2018b), a tarifa média relevante à venda de gás natural indica 0,062 €/kWh para edifícios residenciais e 0,028 €/kWh para edifícios referentes a atividades de comércio e serviços.

Nenhum dos valores acima referidos inclui o Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA), a uma taxa de 23 %, mas inclui todos os outros impostos e taxas de interesse.

O apartamento e a moradia individual representam edifícios do setor residencial, sendo os seus utilizadores considerados consumidores finais, sem hipóteses, portanto, de recuperação do valor do IVA.

A escola e a clínica privada já existem na secção do comércio e serviços, beneficiando assim de tarifas reduzidas, contudo, uma vez que as atividades por estas entidades prestadas não cobram IVA, a recuperação deste não é possível. Desta forma, para estes dois edifícios, as tarifas empregues estão sujeitas a este imposto.

Em sentido contrário aos restantes edifícios, uma vez que os produtos vendidos no supermercado estão todos sujeitos à ação do IVA, as tarifas de eletricidade e gás natural neste edifício de comércio não refletem este imposto, na medida em que é um valor recuperável.

Na tabela 3.10, em seguida fica exposto o valor final das tarifas energéticas (€/kW.h) a considerar para cada caso.

**Tabela 3.9 Preços da energia em €/kW.h para os diferentes casos em estudo**

Edifício Energia	Apartamento	Moradia	Clínica Privada	Escola Secundária	Supermercado
Eletricidade	0,22755	0,22755	0,14145	0,14145	0,11500
Gás Natural	0,07626	0,07626	0,03444	0,03444	0,02800

### **3.7. Análise Económico-financeira do Ciclo de Vida dos Edifícios**

Segundo os textos de apoio à unidade curricular de Economia e Gestão Industrial (Raimundo, 2015), e como já foi referido no capítulo 2, de modo a obter valores fidedignos para o CAE, é necessário recolher vários parâmetros.

Os períodos de análise relevantes a este estudo têm a duração de um ano, sendo necessário obter o valor dos *cash-flows* correspondentes a cada edifício. Para simplificação do estudo, não foram considerados rendimentos em nenhum caso. Possíveis

rendimentos poderiam resultar de vendas de energia produzida, alugueres de espaço, entre outros.

Os gastos recorrentes considerados mais significativos prendem-se ao consumo de energia, seja eletricidade ou gás natural, por uso de sistemas de climatização, ventilação, todos os equipamentos não-AVAC utilizados na zona climatizada, iluminação e AQS. Outros gastos incluem as despesas na manutenção e conservação do edifício, assim como todos os impostos sobre o mesmo cobrados. Os valores correspondentes aos gastos em energia serão expostos no capítulo 4 como parte dos resultados. Os restantes, relativos a impostos, manutenção e conservação estão presentes em forma de tabela, para cada caso, no Anexo B.

O Investimento (I) inicial, também ele necessário, é obtido somando todos os gastos decorridos antes do primeiro período de análise. Este valor reflete o resultado da soma de todas as despesas envolvidas com a construção do edifício, aquisição do terreno e instalação de sistemas energéticos e sanitários. O Valor Residual (VR), por sua vez, é atribuído ao caso em estudo no fim do seu período de vida útil. Neste trabalho, a vida útil dos edifícios analisados corresponde a 50 anos, e o seu VR corresponde apenas ao valor do terreno utilizado. Após este, o período, o apartamento apresenta um VR de 15.000,00 €, no caso da moradia este valor é de 200.000,00 €. A clínica privada tem VR de 500.000,00 €, enquanto que a escola secundária apresenta 500.000,00 €, e finalmente, o supermercado tem um VR de 200.000,00 €.

De modo a fazer corresponder o valor calculado para cada período de análise ao instante atual, é necessário empregar uma taxa de atualização (i). Neste caso, o valor de i será o estimado para a taxa de inflação anual prevista para a moeda, 3 %.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Terminados os capítulos encarregues da descrição de todo o processo de cálculo e introdução ao material utilizado, a presente secção serve de exposição aos valores obtidos das várias simulações.

Tal como em Saraiva (2017) e Rebelo (2016), o parâmetro utilizado como base de comparação foi o CAE, contudo, ainda antes de analisar os valores, é compreensível que esta análise seja fundamentalmente diferente da realizada pelos meus antecessores.

Esta análise visa perceber as variações do CAE em função do nível de conforto aplicado, e tentar encontrar uma boa solução que permita obter um nível de conforto adequado sem recorrer a gastos excessivos.

A simples busca do CAE mais reduzido não indicará valores relevantes, pois, estaremos a variar a utilização do sistema de climatização, pelo que, pela mais simples lógica é notório que, com os sistemas desligados, o CAE será sempre o mais reduzido. Neste caso, o PMV poderia resultar em valores de elevado desconforto.

É sempre importante lembrar que este trabalho lida com valores de conforto, que são de uma elevada imprevisibilidade e volatilidade, pois nunca se pode afirmar com certezas que é conhecido o nível de atividade ou de vestuário individual.

### 4.1. Apartamento – Custo do Conforto Térmico

No gráfico da figura 4.1 estão presentes os valores obtidos de custo anual equivalente para todos os casos analisados relativos ao apartamento. Neste é possível encontrar os casos de isolamento com espessura ótima (assim determinados por Saraiva, em 2017) e de ausência de isolamento para os três concelhos previamente enumerados, de acordo com as 6 classes de conforto térmico já descritas. Então, consoante todas as condições já expostas neste relatório, os resultados são os seguintes.

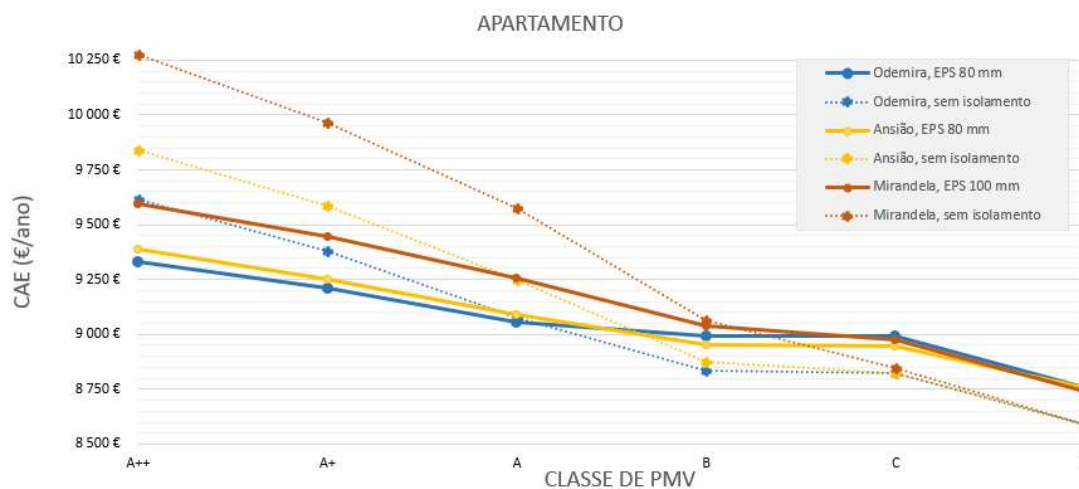


Figura 4.1 Gráfico do CAE por classe de conforto para o Apartamento.

Obviamente, pela não aquisição dos equipamentos AVAC e pela ausência de climatização, as classes energéticas D apresentam sempre o CAE mais reduzido. De modo a poder manter uma PPD máxima de 10%, correspondente à classe A+, vemos que o valor será sempre mais elevado. No caso de isolamento ótimo, para o apartamento, os valores de CAE para os quais se pode afirmar a criação de condições de conforto são de 9 209 €/ano para o caso em Odemira, 9 254 €/ano em Ansião e 9 447 €/ano para o caso de Mirandela.

Analisando a figura, é possível verificar que os casos em que se recorreu a soluções construtivas opacas não-isoladas nunca apresentam uma alternativa viável para a manutenção da classe A+, sendo que a discrepância de valores tende a ser maior com o aumento das exigências ao nível da classe de conforto térmico. Em sentido contrário, nas classes menos exigentes, este tipo de soluções apresenta-se como a ideal.

É também notório em análise aos anteriores gráficos que as situações climáticas mais exigentes, como as que se dão em Mirandela, resultam em gastos mais elevados, quer em termos energéticos, quer em relação aos custos crescentes relativos à maior aplicação de isolamento para atingir a espessura ótima determinada por Saraiva (2017).

As tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 representam os aumentos do CAE, quantitativos e percentuais relativos à crescente exigência em termos de conforto humano, por comparação a uma situação de referência, definida pela classe D, de ausência de climatização e equipamentos AVAC.

**Tabela 4.1 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Odemira.**

APARTAMENTO	ODEMIRA (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	9 331 €	9 613 €	573 €	1 024 €	6.5%	11.9%
A+	10%	9 209 €	9 379 €	451 €	790 €	5.2%	9.2%
A	26%	9 056 €	9 076 €	298 €	487 €	3.4%	5.7%
B	77%	8 991 €	8 833 €	234 €	244 €	2.7%	2.8%
C	99%	8 991 €	8 822 €	233 €	233 €	2.7%	2.7%
BASELINE (D)	-	8 758 €	8 589 €	-	-	-	-

**Tabela 4.2 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Ansião.**

APARTAMENTO	ANSIÃO (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	9 390 €	9 838 €	632 €	1 249 €	7.2%	14.5%
A+	10%	9 254 €	9 584 €	496 €	995 €	5.7%	11.6%
A	26%	9 091 €	9 251 €	333 €	662 €	3.8%	7.7%
B	77%	8 953 €	8 874 €	195 €	285 €	2.2%	3.3%
C	99%	8 950 €	8 822 €	192 €	233 €	2.2%	2.7%
BASELINE (D)	-	8 758 €	8 589 €	-	-	-	-

**Tabela 4.3 Evolução de custos por classe de conforto, para o Apartamento, em Mirandela.**

APARTAMENTO	MIRANDELA (ISOLAMENTO = 100mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	9 594 €	10 274 €	837 €	1 685 €	9.6%	19.6%
A+	10%	9 447 €	9 967 €	689 €	1 378 €	7.9%	16.0%
A	26%	9 257 €	9 574 €	499 €	985 €	5.7%	11.5%
B	77%	9 038 €	9 066 €	281 €	477 €	3.2%	5.6%
C	99%	8 975 €	8 846 €	218 €	257 €	2.5%	3.0%
BASELINE (D)	-	8 740 €	8 589 €	-	-	-	-

Nos gráficos em seguida, nas figuras 4.2, 4.3 e 4.4, estarão representadas as temperaturas interiores e exteriores ao espaço de acordo com a classe de conforto A+, previamente estabelecida como o limiar mínimo para o conforto térmico, nos casos de CAE mínimo, para cada concelho, por ordem crescente de exigência climática. As linhas em azul representam o intervalo entre 21°C e 24°C escolhido para a climatização por Saraiva (2017), de modo a melhor ilustrar como a temperatura se ajusta ao conforto do ser humano fora destes valores, abrindo assim hipóteses de poupança de recursos ou, no mínimo, uma maior satisfação dos ocupantes.

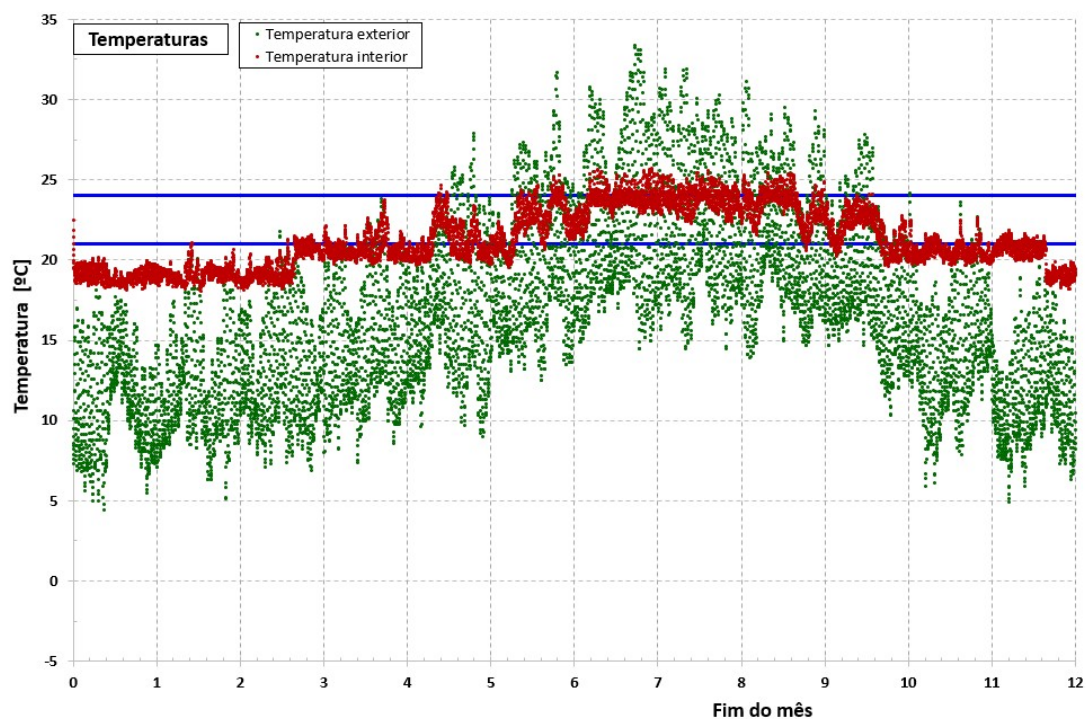


Figura 4.2 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Odemira.



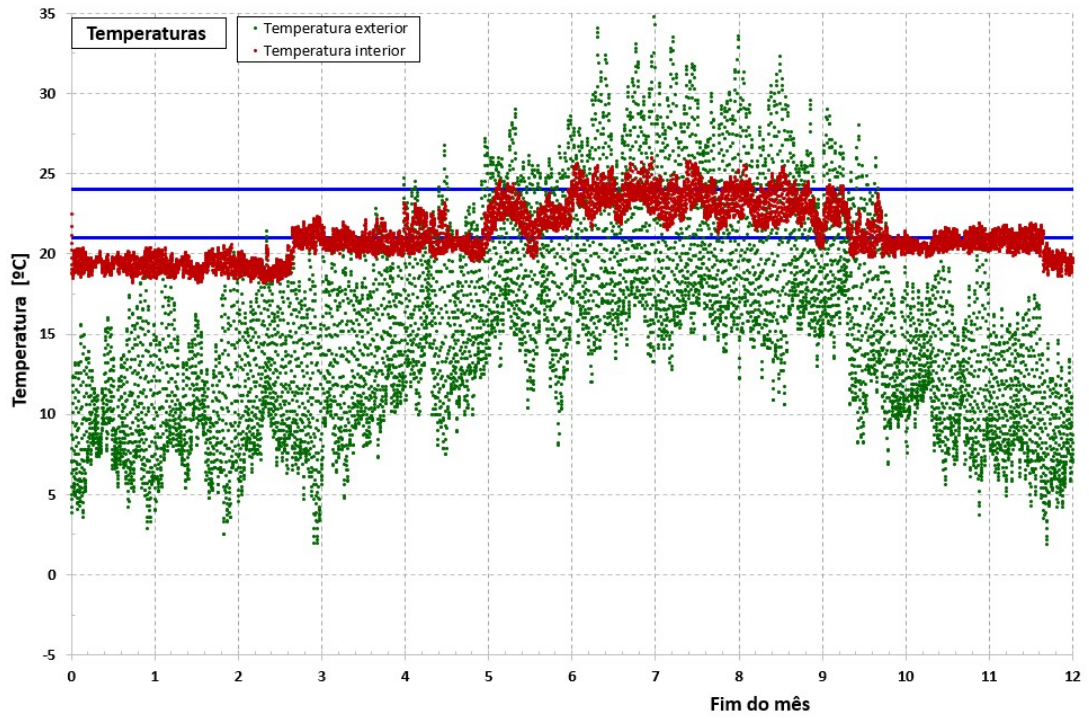


Figura 4.4 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Ansião.

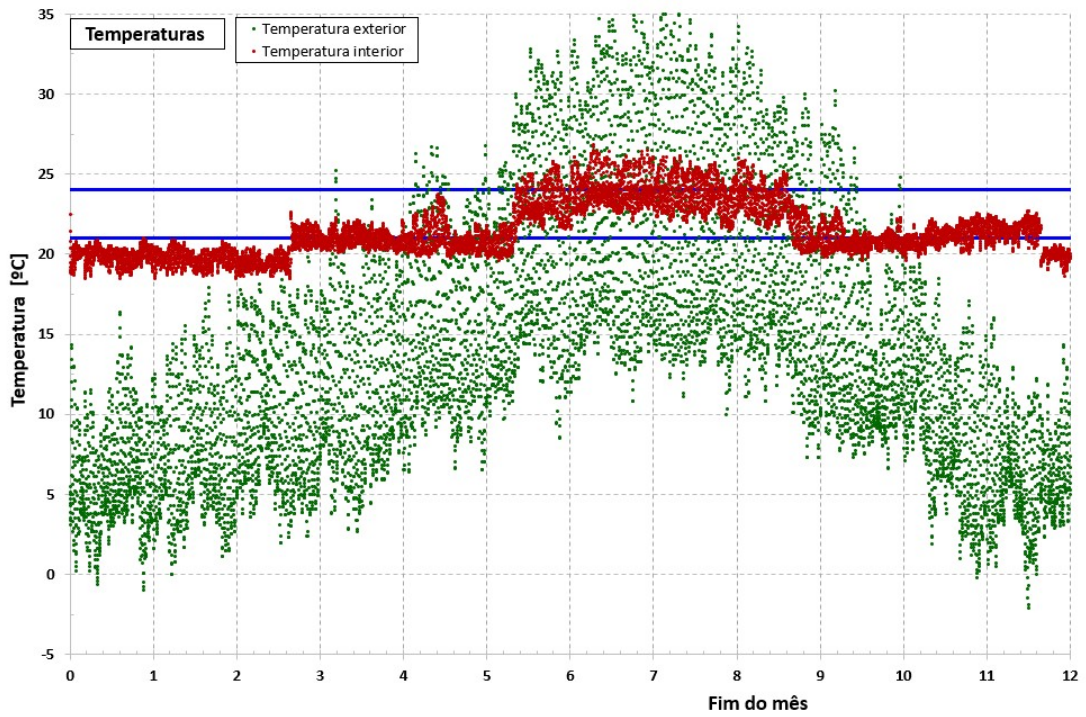


Figura 4.3 Evolução anual da temperatura do Apartamento, segundo a classe A+, em Mirandela.

## 4.2. Moradia – Custo do Conforto Térmico

Todos os valores de CAE relativos à moradia individual podem ser vistos na Figura 4.5 para as três regiões climáticas em análise, em casos de falta de isolamento e de isolamento ótimo previamente determinado por Saraiva (2017), separados pelas 6 classes de conforto térmico escolhidas. Os valores estão dispostos de forma gráfica, a em função do valor do CAE e da correlação deste com determinada classe de conforto térmico.

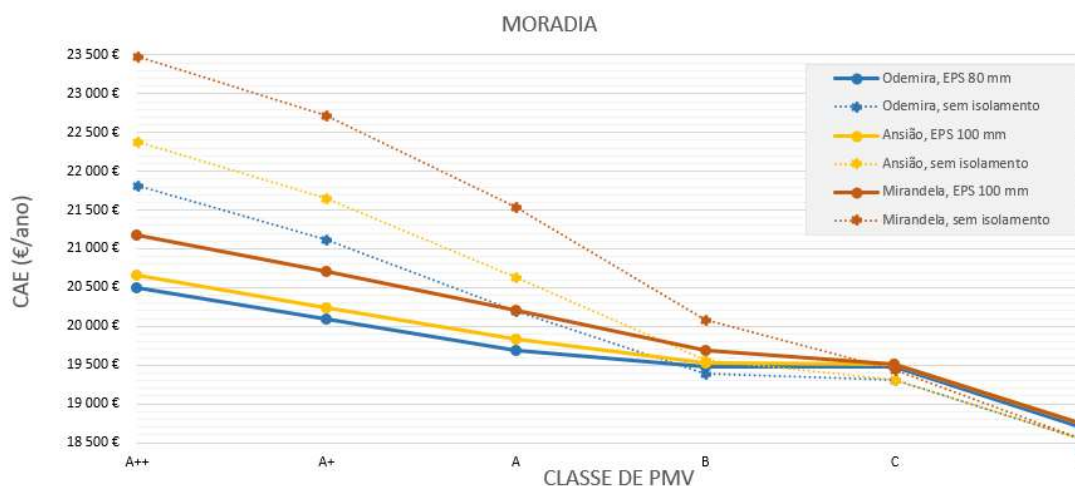


Figura 4.5 Gráfico dos CAE em função das classes de conforto para a Moradia Individual.

À semelhança dos resultados relativos ao apartamento, é notório que os edifícios construídos sem recurso a qualquer tipo de isolamento térmico apresentam sempre custos superiores nas classes de conforto mais exigentes, como a classe A+ considerada como o limiar do conforto, para efeitos deste estudo. Também o clima é um fator de elevada importância para este caso, uma vez que os custos são crescentes com o agravamento das condições climáticas.

Em edifícios termicamente isolados, o custo mínimo para garantir a condição da classe A+ é de 20 101 €/ano para o concelho de Odemira, 20 247 €/ano para Ansião e 20 713 €/ano em Mirandela.

Nas tabelas 4.4, 4.5, e 4.6, encontram-se os valores que definem o aumento quantitativo e percentual do CAE em cada caso relativamente à classe D, definida pela ausência de sistemas de climatização, consoante a localização geográfica.

**Tabela 4.5 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Odemira.**

MORADIA	ODEMIRA (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	20 498 €	21 820 €	1 804 €	3 293 €	9.7%	17.8%
A+	10%	20 101 €	21 126 €	1 407 €	2 598 €	7.5%	14.0%
A	26%	19 696 €	20 193 €	1 002 €	1 666 €	5.4%	9.0%
B	77%	19 475 €	19 391 €	781 €	863 €	4.2%	4.7%
C	99%	19 471 €	19 305 €	777 €	777 €	4.2%	4.2%
BASELINE (D)	-	18 694 €	18 527 €	-	-	-	-

**Tabela 4.4 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Ansião.**

MORADIA	ANSIÃO (ISOLAMENTO = 100mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	20 663 €	22 388 €	1 969 €	3 861 €	10.5%	20.8%
A+	10%	20 247 €	21 662 €	1 553 €	3 134 €	8.3%	16.9%
A	26%	19 835 €	20 630 €	1 141 €	2 103 €	6.1%	11.4%
B	77%	19 522 €	19 565 €	828 €	1 037 €	4.4%	5.6%
C	99%	19 505 €	19 309 €	811 €	782 €	4.3%	4.2%
BASELINE (D)	-	18 728 €	18 527 €	-	-	-	-

**Tabela 4.6 Evolução de custos por classe de conforto, para a Moradia Individual, em Mirandela.**

MORADIA	MIRANDELA (ISOLAMENTO = 100mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	21 170 €	23 476 €	2 476 €	4 949 €	13.2%	26.7%
A+	10%	20 713 €	22 729 €	2 019 €	4 202 €	10.8%	22.7%
A	26%	20 211 €	21 545 €	1 517 €	3 018 €	8.1%	16.3%
B	77%	19 685 €	20 086 €	991 €	1 559 €	5.3%	8.4%
C	99%	19 518 €	19 432 €	824 €	905 €	4.4%	4.9%
BASELINE (D)	-	18 728 €	18 527 €	-	-	-	-

Nos gráficos em seguida, estão representadas as temperaturas interiores e exteriores ao espaço de acordo com a classe de conforto A+, previamente estabelecida como o limiar mínimo para o conforto térmico. Os gráficos dizem respeito aos casos de valor mínimo do CAE para a condição mencionada.

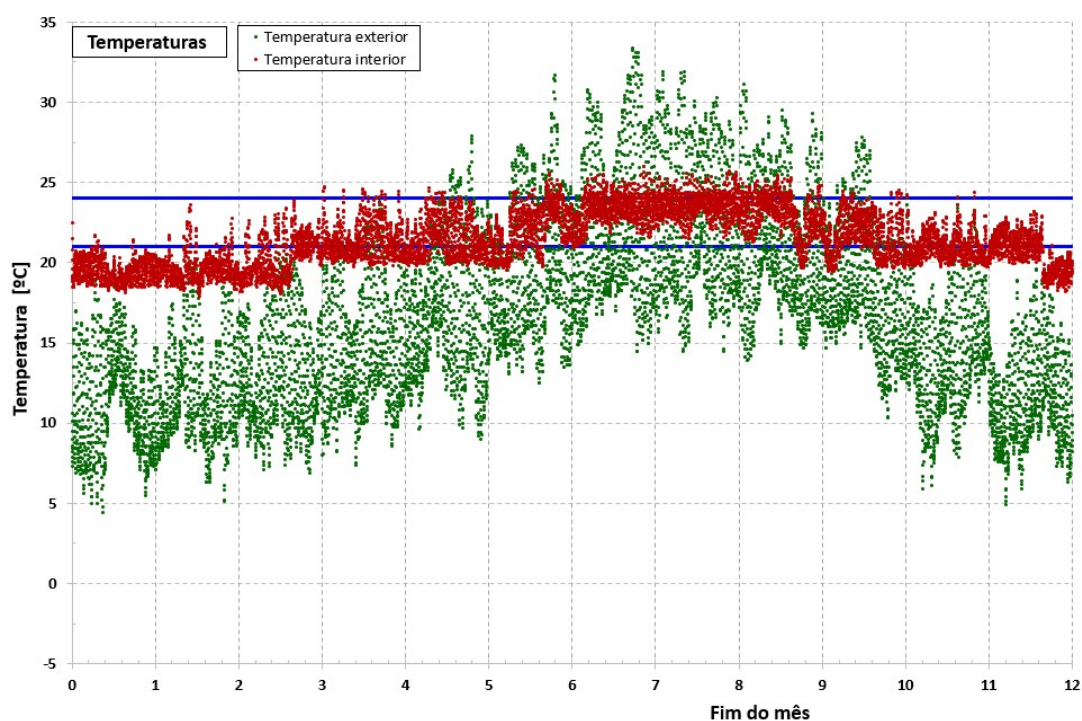


Figura 4.6 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Odemira.

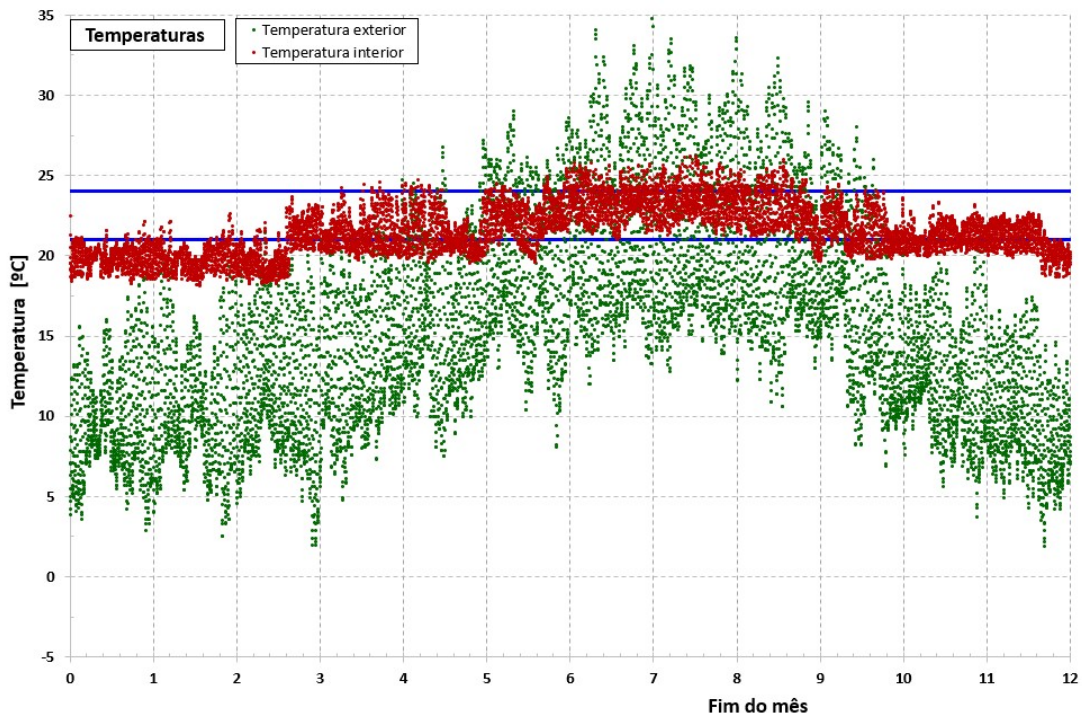


Figura 4.7 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Ansião.

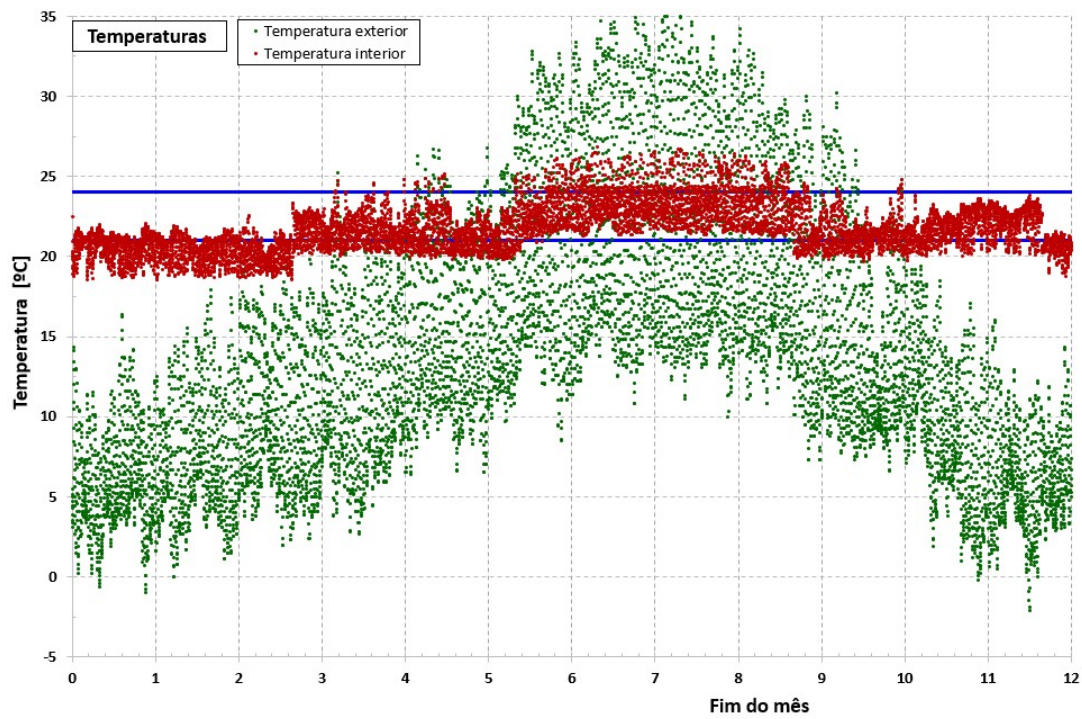


Figura 4.8 Evolução anual da temperatura da Moradia Individual, segundo a classe A+, em Mirandela.

### 4.3. Clínica Privada – Custo do Conforto Térmico

Tratando-se de um edifício de serviços, com um tipo de utilização diferente daquela encontrada nos dois edifícios anteriores, os resultados obtidos são também eles de uma natureza distinta. Como é possível observar na representação gráfica da Figura 4.9, vemos que devido à dimensão do edifício, os custos associados à aquisição de equipamentos AVAC capazes de suprir as necessidades do mesmo serão consideravelmente superiores àqueles encontrados nos dois edifícios já analisados.

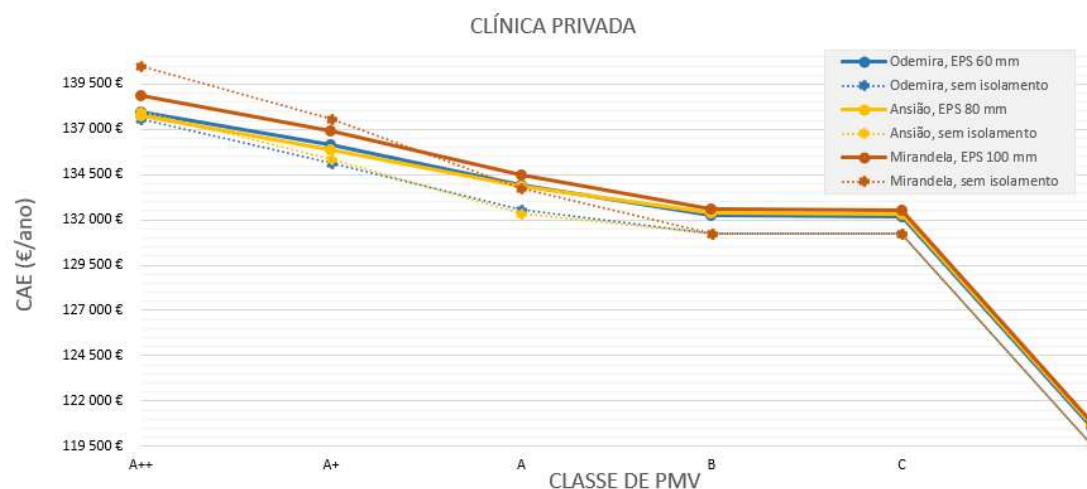


Figura 4.9 Representação gráfica dos valores do CAE para a Clínica Privada.

Analisado o gráfico anterior, é possível perceber que as soluções construtivas opacas não isoladas fornecem condições para garantir o menor CAE até à classe A+, incluindo esta. Este dado pode ser explicado parcialmente com as temperaturas relativamente baixas que se farão sentir no interior do espaço útil, para garantir o conforto térmico dos ocupantes, devido à elevada atividade metabólica que estes apresentam. Assim sendo, nos concelhos de Odemira e Ansião, para garantir a classe A+ são selecionadas as opções não isoladas, que garantem este nível de conforto a um valor de 135 313 €/ano e 135 369 €/ano, respetivamente. Em Mirandela, o CAE ótimo para a classe A+ é obtido com recurso a soluções isoladas com 100mm de Poliestireno Extrudido, e apresenta um valor de 136 939 €/ano.

Note-se que em algumas classes, o CAE obtido para Ansião é inferior àquele correspondente ao concelho de Odemira. Uma vez que grande parte dos gastos de energia na climatização deste espaço se prendem ao arrefecimento, o facto de o verão em Odemira

ser mais agressivo do que a classificação V1 (RCCTE, 2006) sugere, como referido na secção 3.1 deste relatório, explica parcialmente este resultado, à partida, inesperado.

Em seguida estará exposta a forma como o CAE aumenta desde o seu valor para a classe D, sem compra de equipamentos AVAC nem gastos em climatização. Estes quadros são válidos para os casos de isolamento ótimo determinados por Saraiva (2017).

**Tabela 4.7 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Odemira.**

CLÍNICA	ODEMIRA (ISOLAMENTO = 60mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	137 986 €	137 550 €	17 452 €	17 994 €	14.5%	15.1%
A+	10%	136 129 €	135 131 €	15 595 €	15 575 €	12.9%	13.0%
A	26%	133 952 €	132 544 €	13 417 €	12 988 €	11.1%	10.9%
B	77%	132 243 €	131 232 €	11 709 €	11 676 €	9.7%	9.8%
C	99%	132 194 €	131 215 €	11 660 €	11 659 €	9.7%	9.8%
BASELINE (D)	-	120 534 €	119 556 €	-	-	-	-

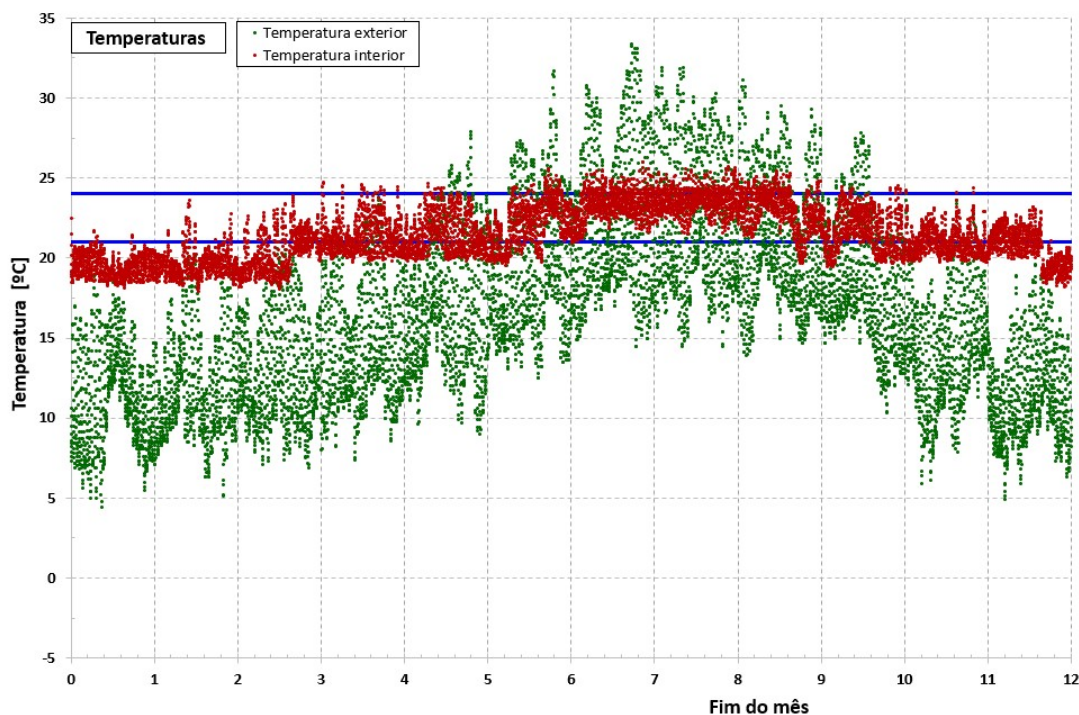
**Tabela 4.8 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Ansião.**

CLÍNICA	ANSIÃO (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	137 739 €	138 023 €	17 205 €	18 467 €	14.3%	15.4%
A+	10%	135 893 €	135 369 €	15 358 €	15 813 €	12.7%	13.2%
A	26%	133 827 €	132 370 €	13 293 €	12 814 €	11.0%	10.7%
B	77%	132 360 €	131 222 €	11 826 €	11 665 €	9.8%	9.8%
C	99%	132 334 €	131 216 €	11 800 €	11 660 €	9.8%	9.8%
BASELINE (D)	-	120 674 €	119 556 €	-	-	-	-

**Tabela 4.9 Evolução de custos por classe de conforto, para a Clínica Privada, em Mirandela.**

CLÍNICA	MIRANDELA (ISOLAMENTO = 100mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	138 889 €	140 516 €	18 354 €	20 960 €	15.2%	17.5%
A+	10%	136 939 €	137 603 €	16 405 €	18 047 €	13.6%	15.1%
A	26%	134 479 €	133 783 €	13 945 €	14 226 €	11.6%	11.9%
B	77%	132 571 €	131 239 €	12 037 €	11 682 €	10.0%	9.8%
C	99%	132 511 €	131 216 €	11 976 €	11 660 €	9.9%	9.8%
BASELINE (D)	-	120 851 €	119 556 €	-	-	-	-

Os gráficos seguintes, nas figuras 4.10, 4.11 e 4.12 são responsáveis por mostrar a diferença entre a temperatura no exterior, e a que se faz sentir no interior do espaço útil, considerando a classe de conforto térmico A+, correspondente a um PPD de 10%. As linhas em azul representam um intervalo típico de climatização por *set-points* de temperatura (Saraiva, 2017) e servem como referencial para observar potenciais poupanças de recursos ou desconforto térmico que se evita ao climatizar pelo método de *set-points* de PMV.



**Figura 4.10 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Odemira.**



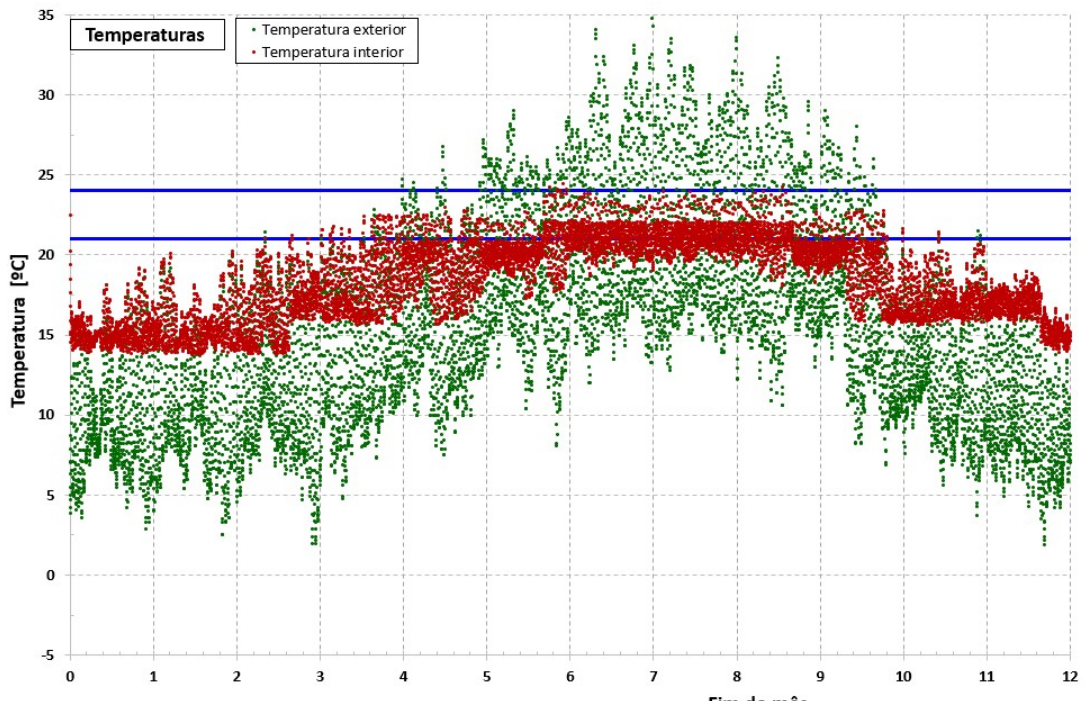


Figura 4.11 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Ansião.

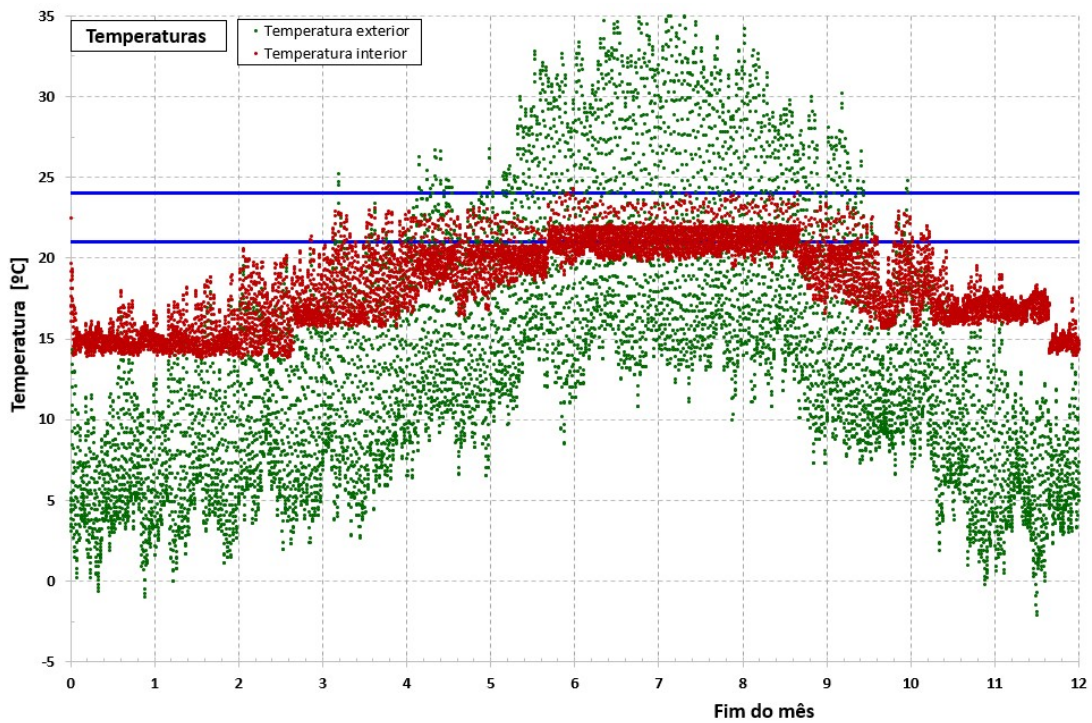
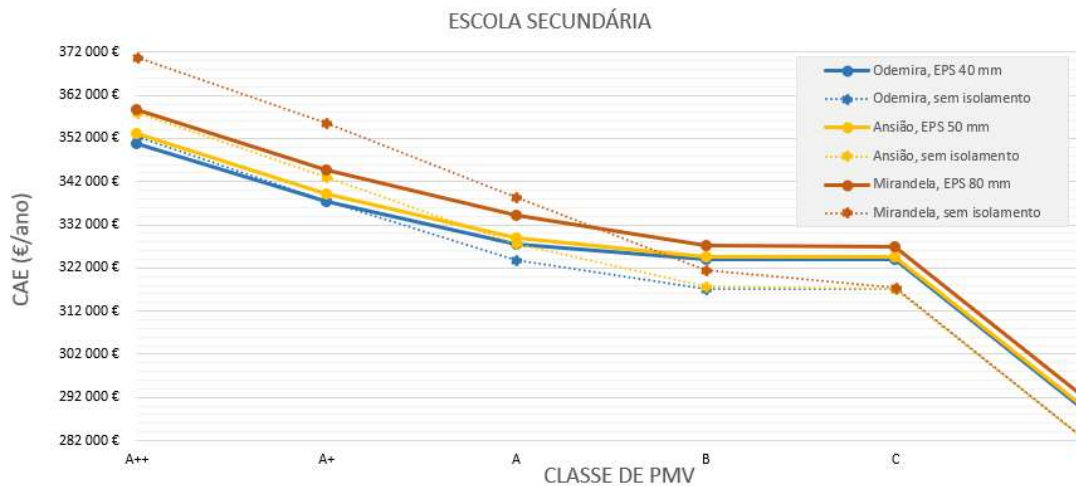


Figura 4.12 Evolução anual da temperatura da Clínica Privada, segundo a classe A+, em Mirandela.

#### 4.4. Escola Secundária – Custo do Conforto Térmico

Para o segundo edifício de serviços, a Escola Secundária Avelar Brotero, os valores estimados para o CAE para cada classe de conforto térmico, região climática e tipo de solução isolante aplicada podem ser vistos na forma gráfica, na Figura 4.13. Os resultados obtidos aparentam perfis semelhantes àqueles dos edifícios residenciais, apesar da intermitência do funcionamento neste caso. Obviamente, ressalva-se a diferença de escala, e consequentemente do preço de compra dos equipamentos necessários à satisfação dos requerimentos de climatização do edifício.



**Figura 4.13** Representação gráfica da evolução do CAE por caso, para a Escola Secundária

É, mais uma vez, possível perceber que as soluções construtivas não isoladas resultam sempre em CAE mais elevados para as classes mais exigentes de conforto, como a classe A+. O tipo de região climática também apresenta um impacto considerável, sendo necessários mais recursos para manter o conforto térmico nas regiões com climas mais exigentes, como é o caso de Mirandela.

Os valores mínimos que permitem a afirmação de estar perante uma situação termicamente confortável, segundo a classe A+ são então 337 444 €/ano para Odemira, 339 244 €/ano no concelho de Ansião e 344 560 €/ano em Mirandela.

As tabelas em seguida mostram como varia o CAE por classe de conforto com referência ao seu valor mais reduzido (classe D), até ao valor mais elevado de conforto.

**Tabela 4.10 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Odemira.**

ESCOLA	ODEMIRA (ISOLAMENTO = 40mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	350 827 €	352 321 €	61 820 €	70 107 €	21.4%	24.8%
A+	10%	337 444 €	337 528 €	48 438 €	55 314 €	16.8%	19.6%
A	26%	327 617 €	323 853 €	38 611 €	41 639 €	13.4%	14.8%
B	77%	324 116 €	317 293 €	35 109 €	35 079 €	12.1%	12.4%
C	99%	323 985 €	317 193 €	34 979 €	34 979 €	12.1%	12.4%
BASELINE (D)	-	289 006 €	282 214 €	-	-	-	-

**Tabela 4.11 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Ansião.**

ESCOLA	ANSIÃO (ISOLAMENTO = 50mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	353 154 €	358 110 €	64 147 €	75 896 €	22.2%	14.5%
A+	10%	339 244 €	342 965 €	50 238 €	60 751 €	17.4%	11.6%
A	26%	328 968 €	327 528 €	39 962 €	45 314 €	13.8%	7.7%
B	77%	324 711 €	317 607 €	35 705 €	35 394 €	12.4%	3.3%
C	99%	324 692 €	317 193 €	35 686 €	34 979 €	12.3%	2.7%
BASELINE (D)	-	289 713 €	282 214 €	-	-	-	-

**Tabela 4.12 Evolução de custos por classe de conforto, para a Escola Secundária, em Odemira**

ESCOLA	MIRANDELA (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	358 587 €	370 872 €	69 581 €	88 658 €	24.1%	31.4%
A+	10%	344 560 €	355 722 €	55 554 €	73 508 €	19.2%	26.0%
A	26%	334 200 €	338 298 €	45 194 €	56 085 €	15.6%	19.9%
B	77%	327 333 €	321 403 €	38 327 €	39 189 €	13.3%	13.9%
C	99%	326 801 €	317 444 €	37 795 €	35 231 €	13.1%	12.5%
BASELINE (D)	-	291 822 €	282 214 €	-	-	-	-

Terminando a análise à escola secundária em questão, os gráficos das figuras 4.18, 4.19 e 4.20 mostram a evolução anual da temperatura interior do espaço útil em comparação com a temperatura que se fará sentir no exterior de cada região climática para a classe A+.

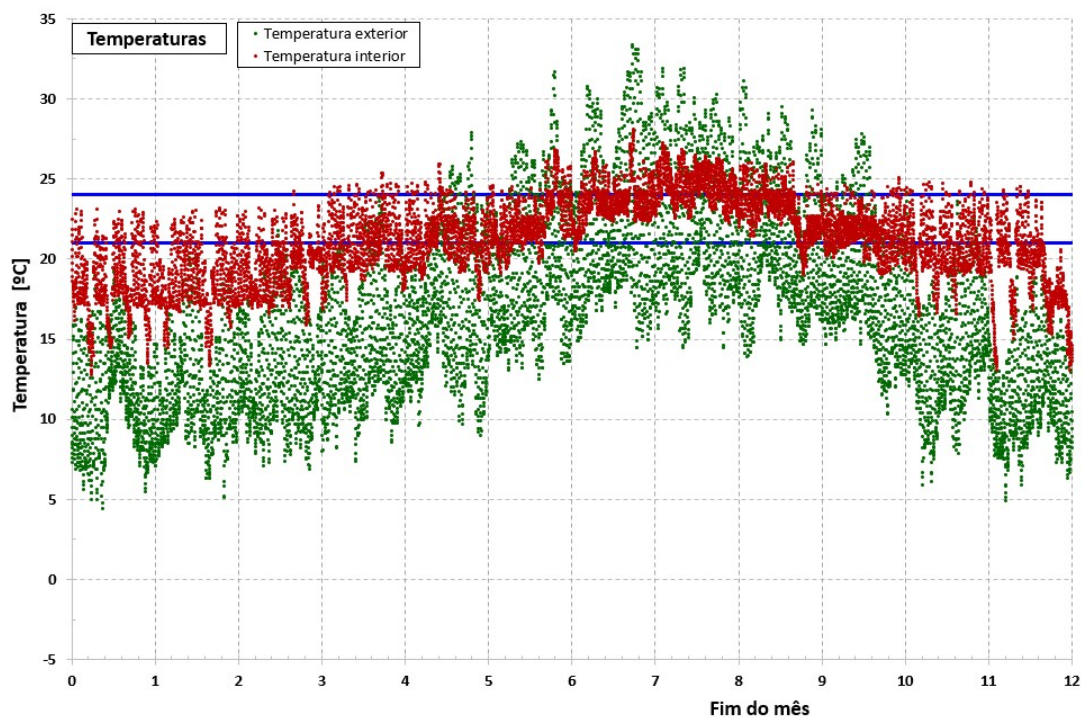


Figura 4.14 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Odemira.

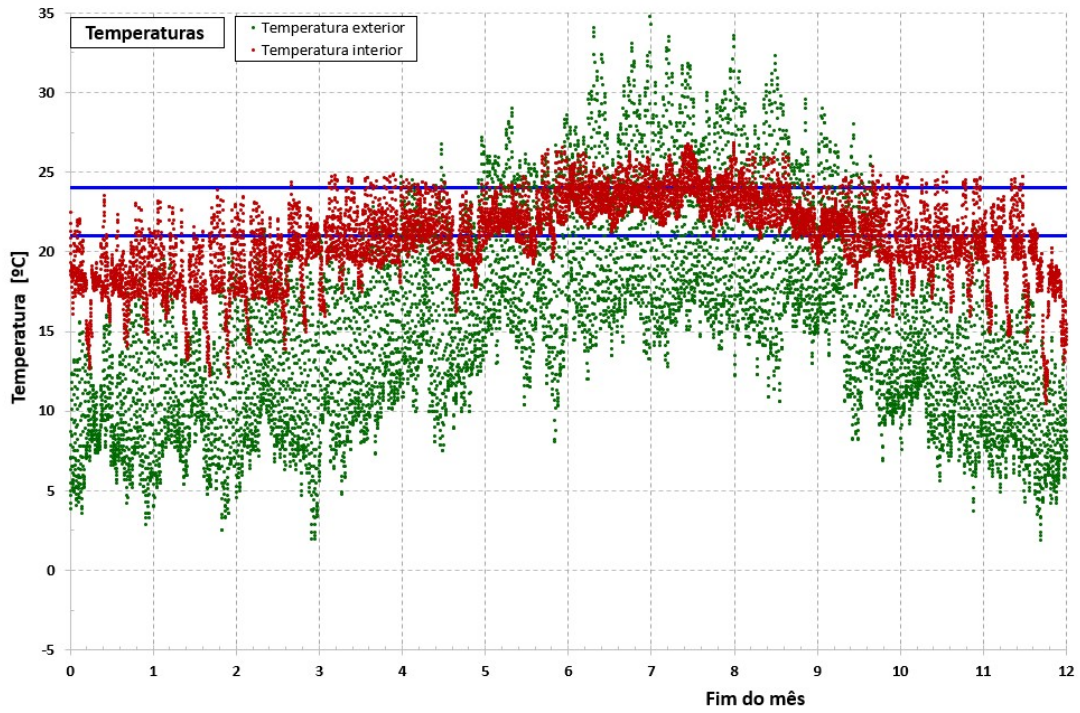


Figura 4.15 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Ansião.

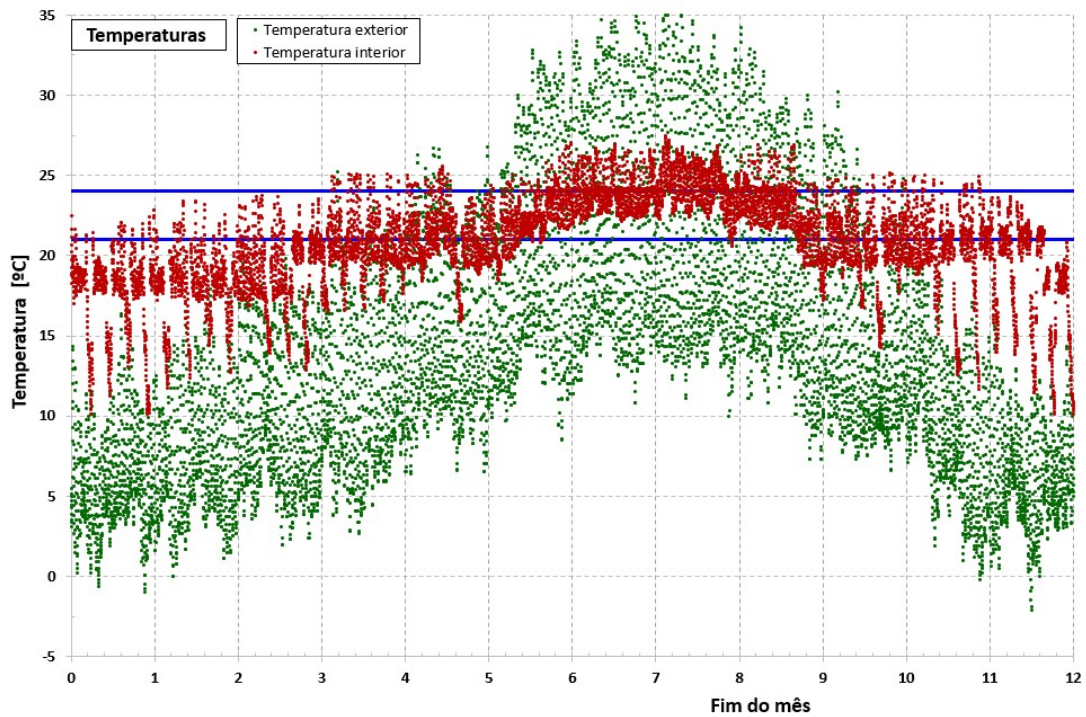


Figura 4.16 Evolução anual da temperatura da Escola Secundária, segundo a classe A+, em Mirandela.

## 4.5. Supermercado – Custo do Conforto Térmico

O Supermercado é, à semelhança da escola secundária, um edifício de serviços, de grande escala e de utilização intermitente. Os gráficos representados na Figura 4.17 apresentam uma proximidade elevada entre os CAE para as soluções construtivas isoladas e não isoladas. Para a classe A+ relevante a este estudo, apenas em Mirandela é economicamente vantajoso utilizar a solução de isolamento térmico de espessura ótima.

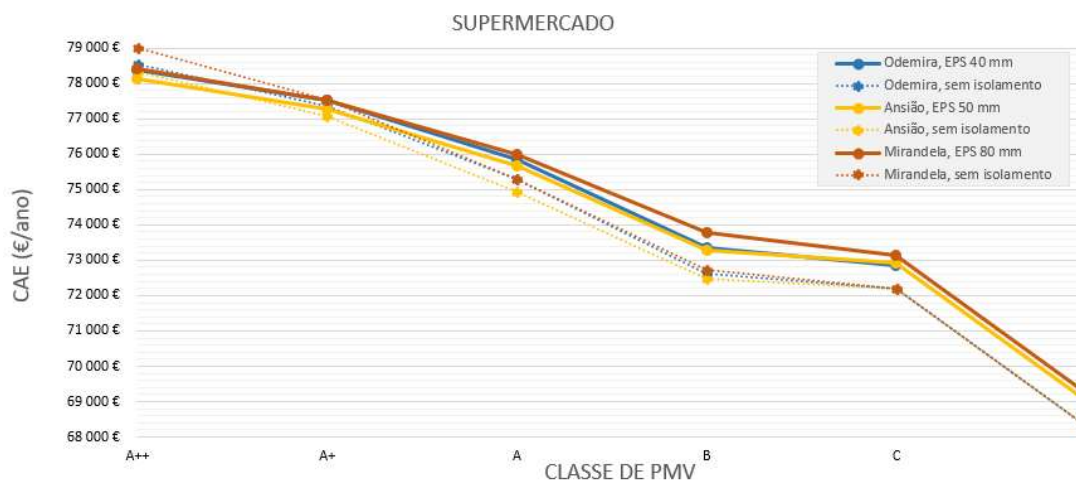


Figura 4.17 Representação Gráfica dos valores de CAE para o Supermercado.

De novo, é possível verificar que Ansião e Odemira nem sempre obedecem à lógica inerente à grande parte dos edifícios aqui analisados, por ventura devido às exigências do verão em Odemira serem consideravelmente elevadas para uma situação V1. O CAE mínimo que permite afirmar que se está em condições de conforto é então de 77 379 €/ano em Odemira, 77 077 €/ano em Ansião, *representando* este o valor mais reduzido dos 3 concelhos, e finalmente, 77 539 €/ano em Mirandela.

Nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15, figura a variação do CAE em relação à classe de ausência de climatização (classe D) para os 3 concelhos em análise.

**Tabela 4.13 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Odemira.**

SUPERMERCADO	ODEMIRA (ISOLAMENTO = 40mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	78 383 €	78 527 €	9 425 €	10 236 €	13.7%	15.0%
A+	10%	77 512 €	77 379 €	8 554 €	9 088 €	12.4%	13.3%
A	26%	75 836 €	75 279 €	6 878 €	6 988 €	10.0%	10.2%
B	77%	73 366 €	72 611 €	4 408 €	4 320 €	6.4%	6.3%
C	99%	72 845 €	72 178 €	3 887 €	3 887 €	5.6%	5.7%
BASELINE (D)	-	68 958 €	68 291 €	-	-	-	-

**Tabela 4.14 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Ansião.**

SUPERMERCADO	ANSIÃO (ISOLAMENTO = 50mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	78 133 €	78 339 €	9 174 €	10 048 €	13.3%	14.7%
A+	10%	77 286 €	77 077 €	8 328 €	8 786 €	12.1%	12.9%
A	26%	75 683 €	74 930 €	6 725 €	6 639 €	9.8%	9.7%
B	77%	73 297 €	72 461 €	4 339 €	4 170 €	6.3%	6.1%
C	99%	72 925 €	72 178 €	3 967 €	3 887 €	5.8%	5.7%
BASELINE (D)	-	69 038 €	68 291 €	-	-	-	-

**Tabela 4.15 Evolução de custos por classe de conforto, para o Supermercado, em Mirandela.**

SUPERMERCADO	MIRANDELA (ISOLAMENTO = 80mm)						
	PPD [%]	CAE [€/ano]		INCREMENTO [€/ano]		INCREMENTO [%]	
		ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO	ISOLADO	NÃO ISOLADO
A++	6%	78 420 €	79 008 €	9 462 €	10 717 €	13.7%	15.7%
A+	10%	77 539 €	77 544 €	8 581 €	9 253 €	12.4%	13.5%
A	26%	75 990 €	75 281 €	7 032 €	6 990 €	10.2%	10.2%
B	77%	73 788 €	72 730 €	4 830 €	4 439 €	7.0%	6.5%
C	99%	73 149 €	72 178 €	4 191 €	3 887 €	6.1%	5.7%
BASELINE (D)	-	69 262 €	68 291 €	-	-	-	-

À semelhança dos casos anteriores, figuram em seguida os gráficos de evolução anual das temperaturas exteriores e interiores ao espaço útil, nas figuras 4.18, 4.19 e 4.20, com referência ao intervalo de temperaturas escolhido por Saraiva (2017), de modo a poder identificar potenciais poupanças em recursos energéticos ou melhorias em termos de conforto térmico dos ocupantes. Os seguintes gráficos são referentes ao limiar mínimo de conforto, estabelecido na norma ISO 7730 (2005) para uma PPD de 10% e neste relatório como a classe A+.

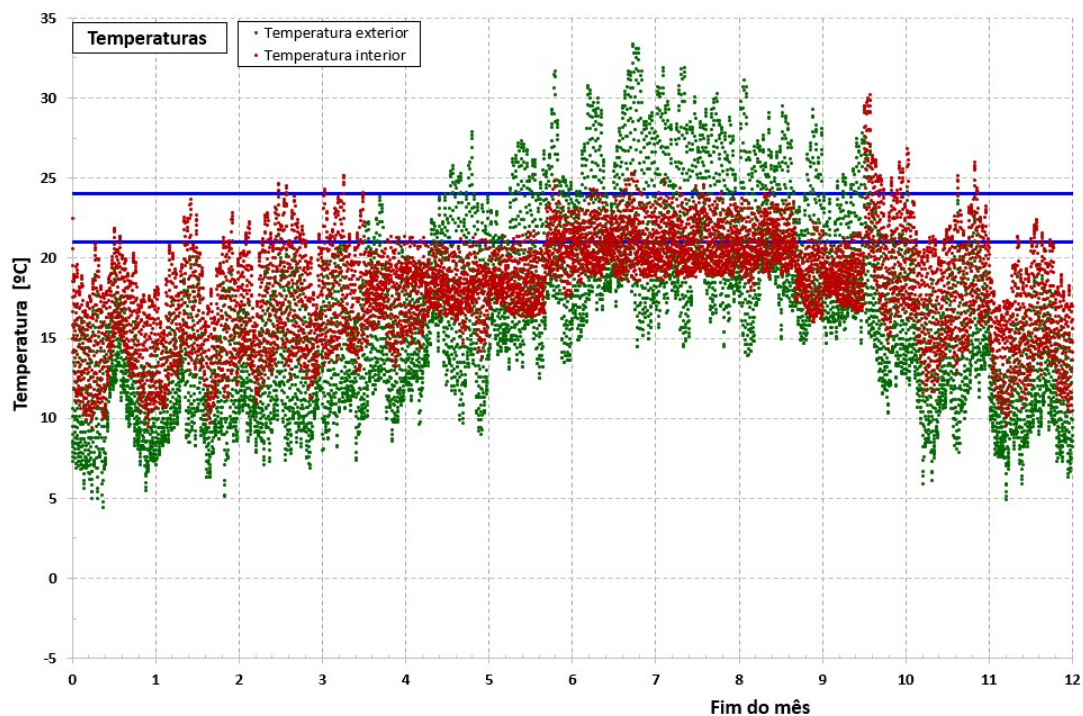


Figura 4.18 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Odemira.



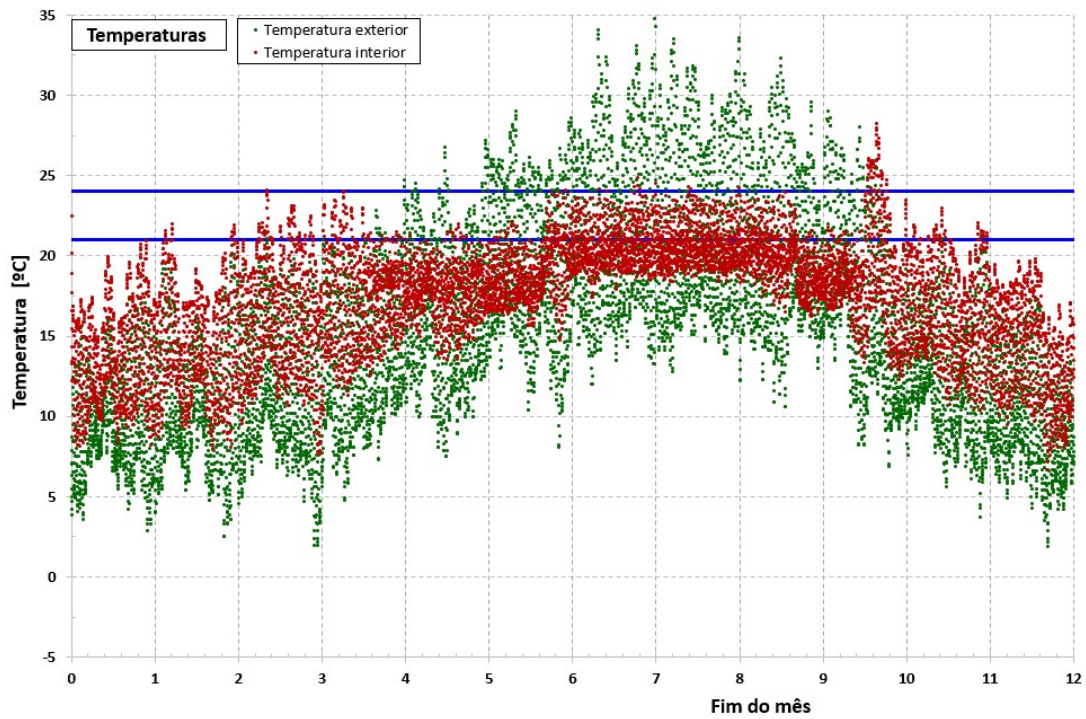


Figura 4.19 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Ansião.

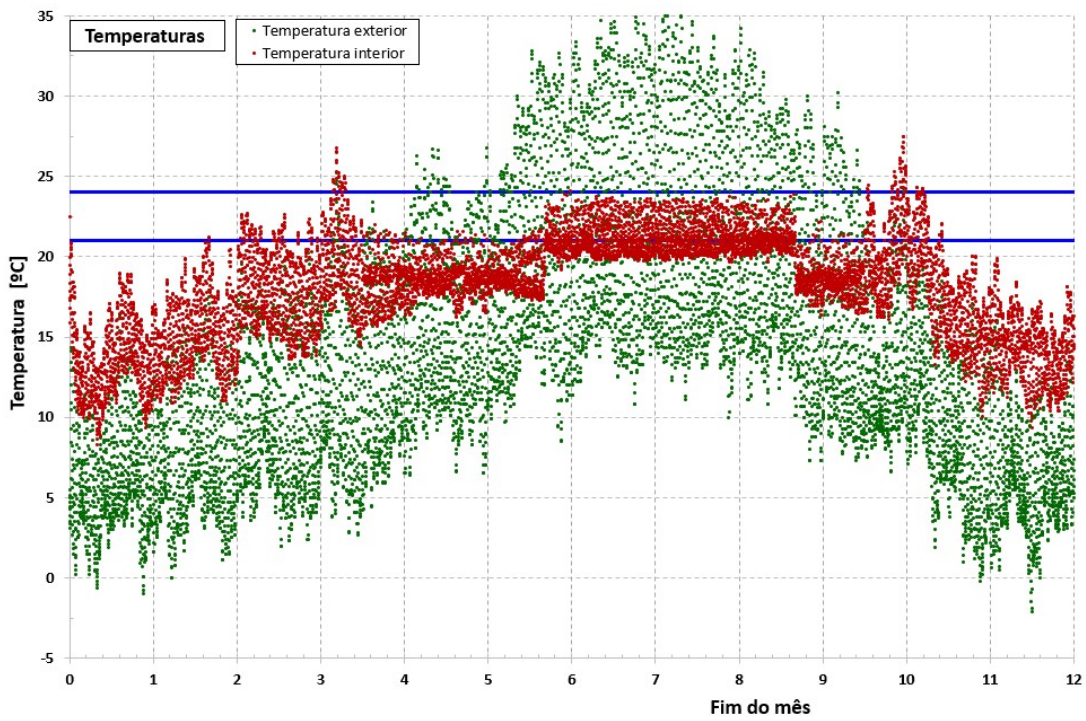


Figura 4.20 Evolução anual da temperatura do Supermercado, segundo a classe A+, em Mirandela.

## 4.6. Discussão dos Resultados

Primeiramente, de forma a atingir conclusões relevantes acerca do desempenho térmico dos edifícios em questão, importa resumir alguns pontos fulcrais relativos aos mesmos. Os valores e dados presentes na Tabela 4.21 já foram analisados no contexto do capítulo 3, e são agora resumidos.

**Tabela 4.16 Características de arquitetura e ocupação dos vários edifícios.**

Edifício	Fator de Forma do Edifício $FF = \left(\frac{A_{ext}}{Vol}\right)$ [m <sup>-1</sup> ]	Razão de área da envolvente $R_{ext} = \left(\frac{A_{ext}}{A_p}\right)$	Razão de área de vãos envidraçados $R_v = \left(\frac{A_{vãos}}{A_p}\right)$	Perfil de utilização do edifício	Atividade Metabólica [met]	Isolamento do Vestuário [clo] V - Verão; I - Inverno P/O - Primavera/Outono
APARTAMENTO	0.33	0.87	0.20	Ocupação Permanente Cargas Térmicas Reduzidas	1.2	0.7(V) 1.1(I) 0.9(P/O)
MORADIA	0.96	2.86	0.30	Ocupação Permanente Cargas Térmicas Reduzidas	1.2	0.7(V) 1.1(I) 0.9(P/O)
CLÍNICA PRIVADA	0.54	2.07	0.27	Ocupação Permanente Elevadas Cargas Térmicas	1.6	0.7(V) 1.1(I) 0.9(P/O)
ESCOLA SECUNDÁRIA	0.74	2.77	0.18	Ocupação Intermitente Cargas Térmicas Moderadas	1.2	0.7(V) 1.3(I) 1(P/O)
SUPERMERCADO	0.40	1.46	0.09	Ocupação Intermitente Elevadas Cargas Térmicas	1.6	0.7(V) 1.5(I) 1.1(P/O)

Comparadas todas as soluções obtidas nas secções anteriores e, mais uma vez, usando o valor da classe A+ como o ponto mínimo em que é possível afirmar condições de conforto térmico, são obtidas as tabelas 4.17 a 4.21. Estas representam os casos, para cada edifício, em cada região climática, em que se obteve o valor de CAE mínimo para a classe A+.

**Tabela 4.17 Custo do conforto térmico para o Apartamento**

		Odemira (EPS 80mm)	Ansião (EPS 80mm)	Mirandela (EPS 100mm)
Apartamento	Baseline - Classe D [€/ano]	8 758 €	8 758 €	8 740 €
	Classe A+ [€/ano]	9 209 €	9 254 €	9 447 €
	Aumento [%]	5.2%	5.7%	8.1%
	Classe A+ [€/ano.m2]	84.2 €	84.6 €	86.4 €

**Tabela 4.18 Custo do conforto térmico para a Moradia Individual**

		Odemira (EPS 80mm)	Ansião (EPS 100mm)	Mirandela (EPS 100mm)
Moradia	Baseline - Classe D [€/ano]	18 694 €	18 728 €	18 728 €
	Classe A+ [€/ano]	20 101 €	20 247 €	20 713 €
	Aumento [%]	7.5%	8.1%	10.6%
	Classe A+ [€/ano.m2]	120.3 €	121.1 €	123.9 €

**Tabela 4.19 Custo do conforto térmico para a Clínica Privada**

		Odemira (Sem Isolamento)	Ansião (Sem Isolamento)	Mirandela (EPS 100mm)
Clínica	Baseline - Classe D [€/ano]	119 556 €	119 556 €	119 556 €
	Classe A+ [€/ano]	135 131 €	135 369 €	137 603 €
	Aumento [%]	13.0%	13.2%	15.1%
	Classe A+ [€/ano.m2]	145.8 €	146.1 €	148.5 €

**Tabela 4.20 Custo do conforto térmico para a Escola Secundária**

		Odemira (EPS 40mm)	Ansião (EPS 50mm)	Mirandela (EPS 80mm)
Escola	Baseline - Classe D [€/ano]	289 006 €	289 713 €	291 822 €
	Classe A+ [€/ano]	337 444 €	339 244 €	344 560 €
	Aumento [%]	16.8%	17.1%	18.1%
	Classe A+ [€/ano.m2]	30.0 €	30.2 €	30.6 €

**Tabela 4.21 Custo do conforto térmico para o Supermercado**

		Odemira (Sem Isolamento)	Ansião (Sem Isolamento)	Mirandela (EPS 80mm)
Supermercado	Baseline - Classe D [€/ano]	68 291 €	68 291 €	69 262 €
	Classe A+ [€/ano]	77 379 €	77 077 €	77 539 €
	Aumento [%]	13.3%	12.9%	11.9%
	Classe A+ [€/ano.m2]	67.7 €	67.4 €	67.8 €

Com base nestes quadros, é possível destacar vários aspetos.

Em termos de edifícios residenciais, é notória a diferença entre o CAE absoluto e por unidade de área relativos ao Apartamento e à Moradia Individual, sendo que o primeiro apresenta, para a mesma lotação, um CAE absoluto tanto para a classe D como para a criação de conforto em A+, inferior a metade daquele observado para a Moradia. Isto ocorre pela Moradia Individual ter uma porção da sua envolvente em contacto com o exterior muito mais elevada, como se observa na Tabela 4.21 pelas diferenças no que toca ao Fator de Forma e à Razão de Área da Envolvente. O facto de a moradia apresentar uma área de pavimento consideravelmente superior também é contribuinte para esta diferença de valores.

A Clínica Privada apresenta o custo por unidade de área mais elevado de todos os edifícios analisados, dado que as cargas térmicas requeridas são elevadas e de utilização permanente, de modo a ser capaz de albergar doentes em regime de internamento, e ainda uma utilização por parte de todo o corpo laboral e doentes externos durante o dia.

Surpreendentemente, a Escola Secundária, apesar de contar com os custos anuais equivalentes mais elevados do grupo de edifícios em análise, apresenta um CAE por unidade de área extremamente baixo, tendo em conta as cargas térmicas que são necessárias à completa climatização de uma elevada área útil, de 11 246.0  $m^2$ . Este fator pode ser atribuído à elevada carga térmica derivada de uma densidade populacional elevada no interior dos espaços úteis, como é característica de uma sala de aula, por exemplo. Apesar disto, é o edifício em estudo para o qual se dá um maior aumento percentual do CAE entre a classe D de referência e a classe A+ pretendida, atingindo os 18% em Mirandela.

Apesar de ser contabilizado V1 no RCCTE (2006), o concelho de Odemira apresenta temperaturas de verão bastante elevadas, como indica o SCE (2013), facto que é evidente nos edifícios da clínica e do supermercado, que exigem cargas de arrefecimento elevadas, fruto da utilização que foi assumida para os mesmos. Nestes casos, o CAE em Ansião (V2) chega a ser inferior ao que se dá em Odemira, pelo que não se trata de uma opção prática para definir a zona V1.

Como já referido em parágrafos anteriores, a principal ressalva é de que o isolamento térmico assume uma importância elevada na redução dos custos para situações em que se requer condições de conforto elevadas. Este fator perde relevância à medida que a classe de conforto pretendida alarga o intervalo de PMV correspondente.

O clima da região em análise tem também elevado impacto e é notório que, à medida que a intensidade do mesmo se agrava, as soluções construtivas opacas isoladas ganham cada vez mais relevância

Nos casos da Clínica Privada e do Supermercado, nos concelhos de Odemira e Ansião, de modo a manter uma classe de conforto A+ com o mínimo CAE, é efetivamente recomendada a construção sem isolamento térmico algum.

Para os edifícios residenciais, as soluções isoladas assumem uma importância mais elevada, presente na elevada discrepância entre os CAE das soluções com e sem isolamento, para as mesmas condições climáticas. Esta conclusão que já tinha sido verdadeira e detetada por Saraiva (2017) para o caso da climatização por *Set-Points* de temperatura, reforça assim a sua validade também para este método de climatização por *Set-Points* de PMV



## 5. CONCLUSÕES

Com a realização deste estudo, existia o objetivo de concretizar uma avaliação do potencial existente para a introdução de um método alternativo de climatização de espaços, com ênfase no conforto térmico de um grupo de indivíduos frequentando o espaço útil. Este método surge em contraste aos mais tradicionais modos de climatização cujos *set-points* se focam num dado intervalo de temperatura.

O programa computacional *SEnergEd*, agora na versão 4.1.0, foi melhorado com sucesso e é agora capaz de receber todos os dados necessários para a correta simulação da climatização de um espaço monozona através de *set-points* de PMV, concretizando assim o primeiro objetivo deste trabalho. Foi criada a ferramenta que permitiu todos os cálculos realizados posteriormente, que completam a segunda etapa deste trabalho.

A segunda matéria sobre a qual este relatório se incide, culmina então com um estudo de vários casos, abordando situações típicas em Portugal.

A conclusão acerca da relevância da aplicação ou não de isolamento térmico para casos em que se pretende a criação de condições de conforto atingiu resultados diferentes consoante o tipo de edifício em questão e o nível de conforto pretendido. Quanto mais exigente a classe que se pretende, mais serão os casos em que o isolamento térmico é essencial. Os edifícios residenciais revelam maior dependência deste tipo de construção, visto que a discrepância entre os valores com e sem isolamento é consideravelmente mais elevada nestes casos.

O impacto da região climática em que dado edifício se insere é relevante para o custo do conforto, dado que os edifícios localizados em Mirandela (I3-V3) sempre apresentaram gastos mais elevados para a manutenção de classes de conforto equivalentes, quando comparados com os seus semelhantes nas zonas climáticas menos intensas.

Em muitos casos ainda que, de um ponto de vista puramente económico seria positivo não isolar termicamente os espaços úteis, importa referir que será sempre importante este comportamento, de um ponto de vista de sustentabilidade ambiental, reduzindo ao mínimo possível os gastos recorrentes em energia para climatização do espaço, evoluindo o edifício no sentido dos nZEB referidos na introdução.





---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE STANDARD 55-2010 (2010), Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy
- Claro, J.A. (2015), Viabilidade da instalação em escolas secundárias de sistemas de geração em regime de produção para autoconsumo, Tese de MiEM (Mestrado integrado em Engenharia Mecânica), Universidade de Coimbra, Julho de 2015.
- EPBD (2010), Energy Performance of Buildings Directive - recast (Diretiva da UE relativa ao desempenho energético dos edifícios - reformulada), Diretiva 2010/31/EU do Parlamento e do Conselho de 19 de maio de 2010.
- Eurostat (2018a). Electricity price statistics - Statistics Explained. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics)
- Eurostat (2018b). Natural gas price statistics - Statistics Explained. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural\\_gas\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics)
- Gerador de Preços do CYPE (2016), versão gratuita. Acedido por N. Saraiva em Abril de 2017, a partir do site: <http://www.geradordeprecos.info/>
- ISO 13790 (2006), Energy performance of buildings - calculation of energy use for space heating and cooling, International standard.
- ISO 7730:2005 (2005), Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- ISO 8996:1990 (1990), Ergonomie – Determination de la production de chaleur metabolique.
- ISO 9920:1995 (1995), Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.
- Raimundo, A.M. (2008), Cálculo do comportamento térmico de edifícios através do modelo dinâmico horário monozona 5R1C, II Conferência Nacional de Métodos Numéricos em Mecânica de Fluidos e Termodinâmica, Universidade de Aveiro, 8-9 de maio de 2008.
- Raimundo, A. M. (2015). Elementos de apoio à disciplina Economia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M (2016). CalProTerm – folha de cálculo das propriedades termofísicas das soluções construtivas dos edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica, FCTUC, Universidade de Coimbra

- Raimundo A M (2017). SEnergEd – software de simulação dinâmica monozona e de cálculo do custo anual equivalente do ciclo de vida de edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica, FCTUC, Universidade de Coimbra
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011a). Projeto RCCTE de um apartamento (caso prático), Cursos de formação sobre o SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011b). Projeto RCCTE de uma moradia (caso prático), Cursos de formação sobre o SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011c). Projeto RSECE de um edifício de serviços (caso prático), Cursos de formação sobre SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- RCCTE (2006), Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios, Decreto-Lei nº 80/2006, DR nº 67 - Série I – A, 4 de abril de 2006.
- Rebelo A C (2016). Ponto ótimo de rentabilidade económica dos envidraçados aplicados em edifícios localizados em Portugal, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, fevereiro de 2016.
- Saraiva N B (2017). Ponto ótimo de rentabilidade económica das soluções construtivas opacas de edifícios localizados em Portugal, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, julho de 2017.
- SCE (2006). Legislação de suporte do Sistema de Certificação Energética de Edifícios em vigor a partir de 4 de julho de 2006, entre outros: Decretos-Lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006, todos de 4 de abril; Portaria 461/2007 de 5 de junho; Portaria 835/2007 de 7 de agosto; Despacho 10250/2008 de 8 de abril; e correspondentes alterações posteriores. Diário da República Portuguesa.
- SCE (2013). Legislação de suporte do Sistema de Certificação Energética de Edifícios em vigor a partir de 1 de dezembro de 2013, entre outros: Lei 58/2013 de 20 de agosto; Decreto-Lei 251/2015 de 25 de novembro, que republica o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto; Portarias 349/2013 de 29 de novembro; Despachos 15793/2013 de 3 de dezembro; e correspondentes alterações posteriores. Diário da República Portuguesa.
- Silva, Toledo e Grossmann (2017), Conforto Térmico – Métodos Experimentais em Energia e Ambiente
- Vidigueira V (2013). Influência da estratégia de ventilação no consumo energético dos edifícios de serviços com utilização intermitente e elevadas cargas térmicas internas, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, janeiro de 2013.
- Wikipédia (2018a), Representação geográfica do concelho de Ansião. Download em Agosto de 2018, a partir do site: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ansi%C3%A3o>
- Wikipédia (2018b), Representação geográfica do concelho de Mirandela. Download em Agosto de 2018, a partir do site: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mirandela>
- Wikipédia (2018c), Representação geográfica do concelho de Odemira. Download em Agosto de 2018, a partir do site: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Odemira>

---

## ANEXO A

### Função PMV em VBA para MS Excel

Function PMV (CLO, MET, WME, RH, VEL, TR, TA)

PVS = Exp (16.6536 - 4030.183 / (TA + 235))

PPV = RH \* 10 \* PVS

Icl = 0.155 \* CLO

M = MET \* 58.15

W = WME \* 58.15

MW = M - W

TAA = TA + 273

TRA = TR + 273

If Icl <= 0.078 Then

Fcl = 1 + 1.29 \* Icl

Else

Fcl = 1.05 + 0.645 \* Icl

End If

hcf = 12.1 \* Sqr(VEL)

TCLA = TAA + (35.5 - TA) / (3.5 \* Icl + 0.1)

P1 = Icl \* Fcl

P2 = P1 \* 3.96

P3 = P1 \* 100

P4 = P1 \* TAA

P5 = 308.7 - 0.028 \* MW + P2 \* (TRA / 100) ^ 4

XN = TCLA / 100

XF = XN

N = 0

EPS = 0.00015

RESET:

```
XF = (XF + XN) / 2
hcn = 2.38 * Abs((100 * XF) - TAA) ^ 0.25
If hcf > hcn Then
hc = hcf
Else
hc = hcn
End If
XN = (P5 + P4 * hc - P2 * XF ^ 4) / (100 + P3 * hc)
N = N + 1
If N > 150 Then GoTo OVER
If Abs(XN - XF) > EPS Then GoTo RESET
TCL = (100 * XN) - 273
HL1 = 3.05 * 0.001 * (5733 - 6.99 * MW - PPV)
If MW > 58.15 Then
HL2 = 0.42 * (MW - 58.15)
Else
HL2 = 0
End If
HL3 = 1.7 * 0.00001 * M * (5867 - PPV)
HL4 = 0.0014 * M * (34 - TA)
HL5 = 3.96 * Fcl * (XN ^ 4 - (TRA / 100) ^ 4)
HL6 = Fcl * hc * (TCL - TA)
TS = 0.303 * Exp(-0.036 * M) + 0.028
PMV = TS * (MW - HL1 - HL2 - HL3 - HL4 - HL5 - HL6)
OVER:
If N > 150 Then
PMV = 999999
End If
End Function
```



## ANEXO B

### Caracterização dos edifícios

#### Apartamento

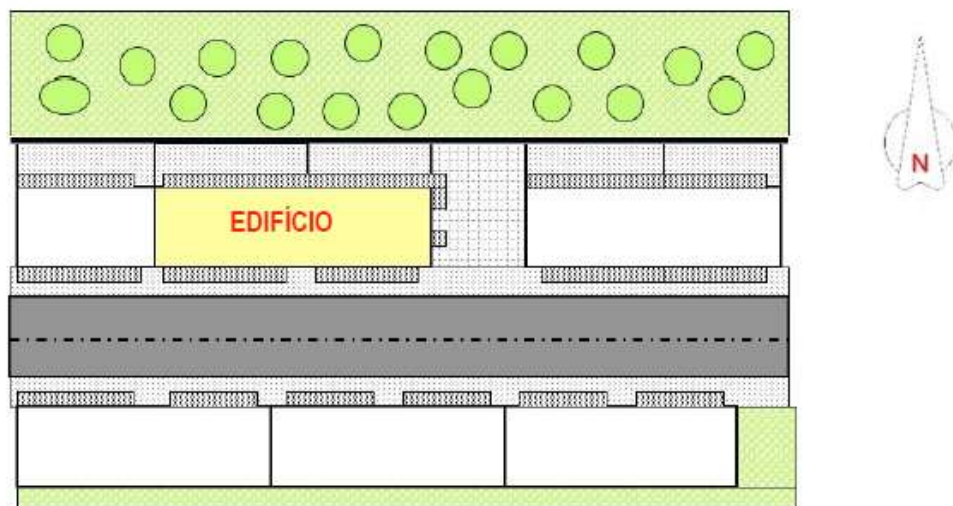


Figura 0.1 Esquema de inserção local do edifício (Raimundo et al, 2011a)

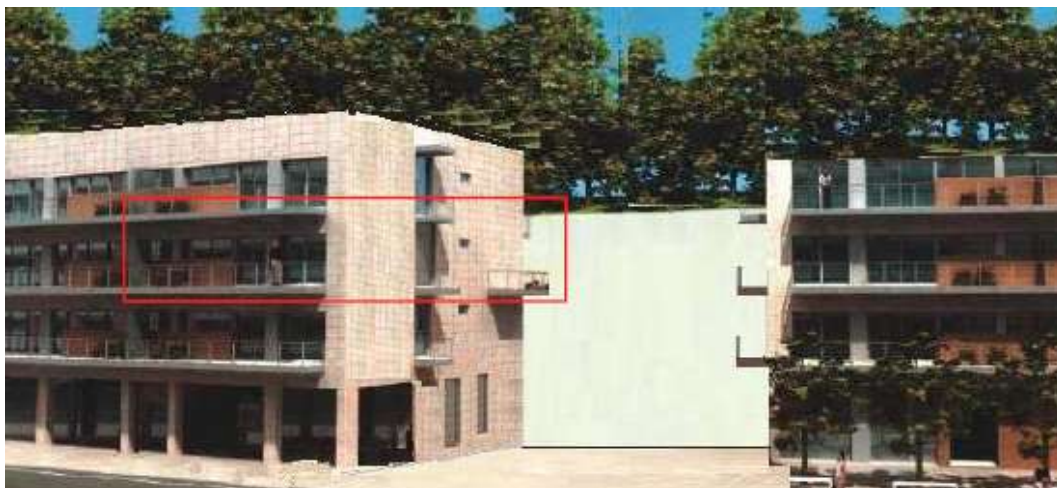


Figura 0.2 Edifício com FA analisada em destaque (Raimundo et al, 2011a)

Tabela 0.1 Perfil de ocupação do apartamento

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	100	0 - 1	100	0 - 1	100
1 - 2	100	1 - 2	100	1 - 2	100
2 - 3	100	2 - 3	100	2 - 3	100
3 - 4	100	3 - 4	100	3 - 4	100
4 - 5	100	4 - 5	100	4 - 5	100
5 - 6	100	5 - 6	100	5 - 6	100
6 - 7	100	6 - 7	100	6 - 7	100
7 - 8	60	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	40	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	0	9 - 10	75	9 - 10	50
10 - 11	0	10 - 11	75	10 - 11	50
11 - 12	0	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	30	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	30	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	0	14 - 15	50	14 - 15	25
15 - 16	0	15 - 16	50	15 - 16	25
16 - 17	0	16 - 17	50	16 - 17	25
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	25
18 - 19	100	18 - 19	50	18 - 19	25
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	100	22 - 23	100	22 - 23	100
23 - 24	100	23 - 24	100	23 - 24	100

Tabela 0.2 Perfil de iluminação do apartamento

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	5	1 - 2	5	1 - 2	5
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	30	8 - 9	30	8 - 9	30
9 - 10	0	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	0	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	0	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	10	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	10	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	0	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	0	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	0	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	20	17 - 18	20	17 - 18	20
18 - 19	30	18 - 19	30	18 - 19	30
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

**Tabela 0.3 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC no Apartamento**

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	5	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	5	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	5	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	25	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	25	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	5	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	5	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	5	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	40	17 - 18	40	17 - 18	40
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	60	19 - 20	60	19 - 20	60
20 - 21	60	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	60	21 - 22	60	21 - 22	60
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

**Tabela 0.4 Investimento inicial para o Apartamento (excluindo soluções construtivas)**

<b>Investimento inicial</b>	<b>54,300.00 €</b>
Espaços complementares (constr + equip):	0.00 €
Terreno e infraestruturas:	15,000.00 €
Sistemas de iluminação:	6,000.00 €
Sistemas de AVAC:	6,000.00 €
Sistemas de água e esgostos:	3,000.00 €
Sistemas para preparação de AQS:	3,000.00 €
Sistemas de energia renovável: (fotovoltaicos, eólicos, biomassa, etc.)	3,000.00 €
Acabamentos e pinturas:	2,000.00 €
Outros encargos (licenças, etc.):	10,000.00 €
Outros encargos:	6,300.00 €

**Tabela 0.5 Rendimentos e gastos para o Apartamento**

<b>Outros rendimentos e encargos anuais</b>	
Rendimentos líquidos de energia vendida:	0.00 €/ano
Rendimentos líquidos de rendas:	0.00 €/ano
Outros rendimentos líquidos:	0.00 €/ano
Gastos em conservação e manutenção:	1,000.00 €/ano
Gastos em impostos (IMI, etc.):	2,000.00 €/ano



## Moradia

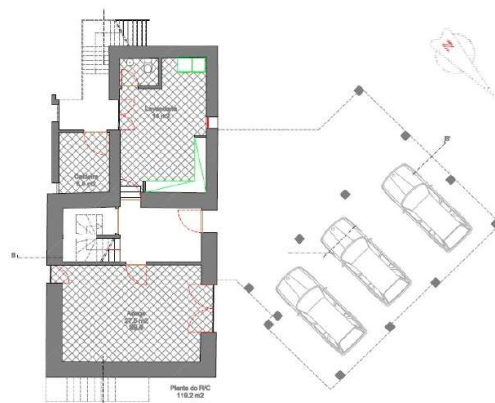


Figura 0.3 Planta da cave da Moradia (Raimundo et. al, 2011b)

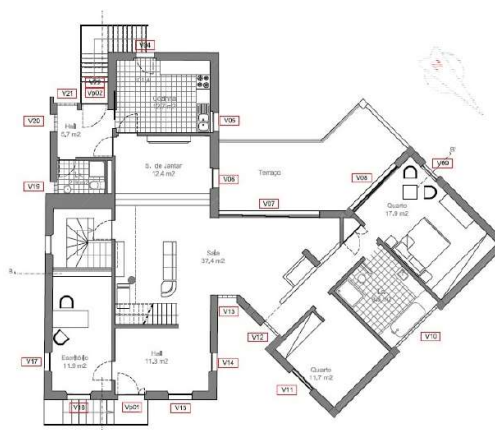


Figura 0.4 Planta do piso médio da Moradia (Raimundo et. al, 2011b)

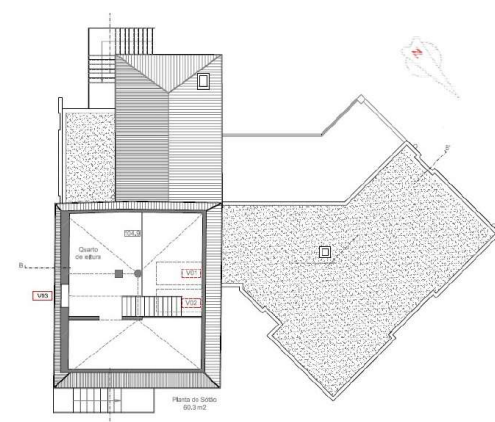


Figura 0.5 Planta do sótão da Moradia (Raimundo et. al, 2011b)

**Tabela 0.6 Perfil de ocupação da Moradia**

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	100	0 - 1	100	0 - 1	100
1 - 2	100	1 - 2	100	1 - 2	100
2 - 3	100	2 - 3	100	2 - 3	100
3 - 4	100	3 - 4	100	3 - 4	100
4 - 5	100	4 - 5	100	4 - 5	100
5 - 6	100	5 - 6	100	5 - 6	100
6 - 7	100	6 - 7	100	6 - 7	100
7 - 8	60	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	40	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	0	9 - 10	75	9 - 10	50
10 - 11	0	10 - 11	75	10 - 11	50
11 - 12	0	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	30	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	30	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	0	14 - 15	50	14 - 15	25
15 - 16	0	15 - 16	50	15 - 16	25
16 - 17	0	16 - 17	50	16 - 17	25
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	25
18 - 19	100	18 - 19	50	18 - 19	100
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	100	22 - 23	100	22 - 23	100
23 - 24	100	23 - 24	100	23 - 24	100

**Tabela 0.7 Perfil de Iluminação da Moradia**

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	5	1 - 2	5	1 - 2	5
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	30	8 - 9	30	8 - 9	30
9 - 10	0	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	0	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	0	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	10	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	10	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	0	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	0	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	0	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	20	17 - 18	20	17 - 18	20
18 - 19	30	18 - 19	30	18 - 19	30
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Tabela 0.8 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Moradia

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sábados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	5	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	5	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	5	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	25	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	25	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	5	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	5	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	5	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	40	17 - 18	40	17 - 18	40
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	60	19 - 20	60	19 - 20	60
20 - 21	60	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	60	21 - 22	60	21 - 22	60
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Tabela 0.9 Investimento Inicial na Moradia (excluindo soluções construtivas)

<b>Investimento inicial</b>	<b>358,208.50 €</b>
Espaços complementares (constr + equip):	0.00 €
Terreno e infraestruturas:	200,000.00 €
Sistemas de iluminação:	20,000.00 €
Sistemas de AVAC:	20,000.00 €
Sistemas de água e esgostos:	10,000.00 €
Sistemas para preparação de AQS:	10,000.00 €
Sistemas de energia renovável: (fotovoltaicos, eólicos, biomassa, etc.)	3,000.00 €
Acabamentos e pinturas:	10,000.00 €
Outros encargos (licenças, etc.):	10,000.00 €
<b>Outros encargos:</b>	<b>75,208.50 €</b>

Tabela 0.10 Rendimentos e gastos para a Moradia

<b>Outros rendimentos e encargos anuais</b>	
Rendimentos líquidos de energia vendida:	0.00 €/ano
Rendimentos líquidos de rendas:	0.00 €/ano
Outros rendimentos líquidos:	0.00 €/ano
Gastos em conservação e manutenção:	1,000.00 €/ano
Gastos em impostos (IMI, etc.):	1,000.00 €/ano

Clínica



Figura 0.6 Planta do piso 0 da Clínica (Raimundo et. al, 2011c)

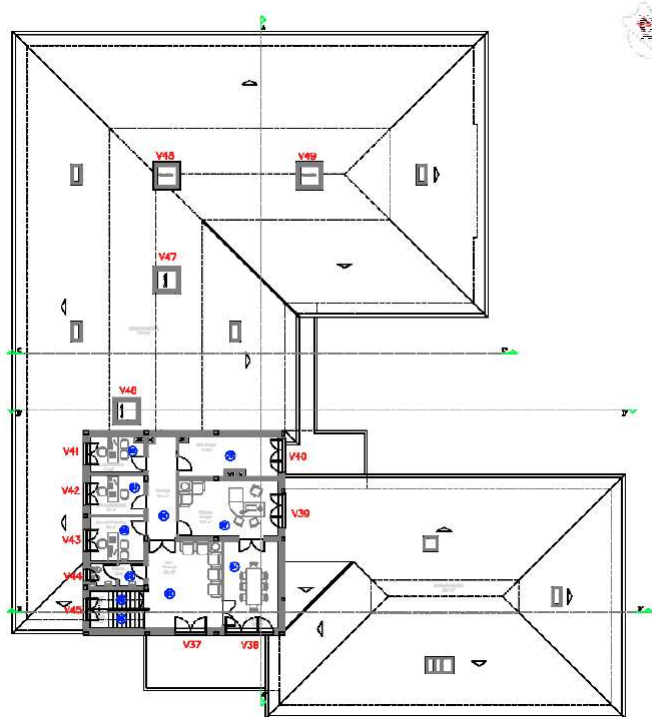


Figura 0.7 Planta do piso 1 da Clínica (Raimundo et. al, 2011c)

Tabela 0.11 Perfil de ocupação da Clínica

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	50	0 - 1	50	0 - 1	50
1 - 2	50	1 - 2	50	1 - 2	50
2 - 3	50	2 - 3	50	2 - 3	50
3 - 4	50	3 - 4	50	3 - 4	50
4 - 5	50	4 - 5	50	4 - 5	50
5 - 6	50	5 - 6	50	5 - 6	50
6 - 7	50	6 - 7	50	6 - 7	50
7 - 8	50	7 - 8	50	7 - 8	50
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	50
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	50	23 - 24	50	23 - 24	50

Tabela 0.12 Perfil de iluminação da Clínica

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	10	0 - 1	10	0 - 1	10
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	10	2 - 3	10	2 - 3	10
3 - 4	10	3 - 4	10	3 - 4	10
4 - 5	10	4 - 5	10	4 - 5	10
5 - 6	10	5 - 6	10	5 - 6	10
6 - 7	10	6 - 7	10	6 - 7	10
7 - 8	100	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	50
18 - 19	45	18 - 19	45	18 - 19	45
19 - 20	45	19 - 20	45	19 - 20	45
20 - 21	10	20 - 21	10	20 - 21	10
21 - 22	10	21 - 22	10	21 - 22	10
22 - 23	10	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	10	23 - 24	10	23 - 24	10

Tabela 0.13 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Clínica

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	35	0 - 1	35	0 - 1	35
1 - 2	35	1 - 2	35	1 - 2	35
2 - 3	35	2 - 3	35	2 - 3	35
3 - 4	35	3 - 4	35	3 - 4	35
4 - 5	35	4 - 5	35	4 - 5	35
5 - 6	35	5 - 6	35	5 - 6	35
6 - 7	35	6 - 7	35	6 - 7	35
7 - 8	50	7 - 8	50	7 - 8	50
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	100	17 - 18	100	17 - 18	100
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	35	19 - 20	35	19 - 20	35
20 - 21	35	20 - 21	35	20 - 21	35
21 - 22	35	21 - 22	35	21 - 22	35
22 - 23	35	22 - 23	35	22 - 23	35
23 - 24	35	23 - 24	35	23 - 24	35

Tabela 0.14 Investimento inicial na Clínica

<b>Investimento inicial</b>	<b>1,731,280.00 €</b>
Espaços complementares (constr + equip):	0.00 €
Terreno e infraestruturas:	500,000.00 €
Sistemas de iluminação:	200,000.00 €
Sistemas de AVAC:	300,000.00 €
Sistemas de água e esgostos:	100,000.00 €
Sistemas para preparação de AQS:	80,000.00 €
Sistemas de energia renovável: (fotovoltaicos, eólicos, biomassa, etc.)	42,000.00 €
Acabamentos e pinturas:	160,000.00 €
Outros encargos (licenças, etc.):	50,000.00 €
Outros encargos:	299,280.00 €

Tabela 0.15 Rendimentos e gastos na Clínica

<b>Outros rendimentos e encargos anuais</b>	
Rendimentos líquidos de energia vendida:	0.00 €/ano
Rendimentos líquidos de rendas:	0.00 €/ano
Outros rendimentos líquidos:	0.00 €/ano
Gastos em conservação e manutenção:	20,000.00 €/ano
Gastos em impostos (IMI, etc.):	10,000.00 €/ano

Escola



Figura 0.8 Fachada da Escola



Figura 0.9 Alguns Blocos da Escola - Bloco C orientado a Este

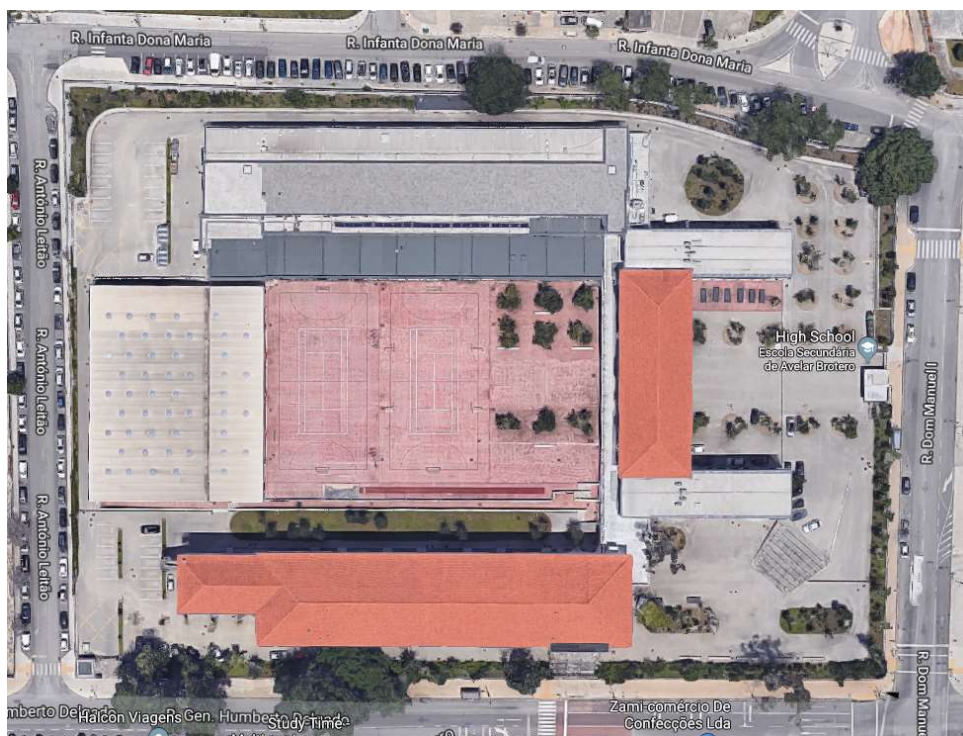


Figura 0.10 Vista de satélite da Escola

Tabela 0.16 Perfil de ocupação da Escola

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	0	0 - 1	0
1 - 2	0	1 - 2	0	1 - 2	0
2 - 3	0	2 - 3	0	2 - 3	0
3 - 4	0	3 - 4	0	3 - 4	0
4 - 5	0	4 - 5	0	4 - 5	0
5 - 6	0	5 - 6	0	5 - 6	0
6 - 7	0	6 - 7	0	6 - 7	0
7 - 8	40	7 - 8	0	7 - 8	0
8 - 9	60	8 - 9	0	8 - 9	0
9 - 10	100	9 - 10	0	9 - 10	0
10 - 11	100	10 - 11	0	10 - 11	0
11 - 12	90	11 - 12	0	11 - 12	0
12 - 13	80	12 - 13	0	12 - 13	0
13 - 14	100	13 - 14	0	13 - 14	0
14 - 15	100	14 - 15	0	14 - 15	0
15 - 16	100	15 - 16	0	15 - 16	0
16 - 17	70	16 - 17	0	16 - 17	0
17 - 18	60	17 - 18	0	17 - 18	0
18 - 19	40	18 - 19	0	18 - 19	0
19 - 20	7	19 - 20	0	19 - 20	0
20 - 21	7	20 - 21	0	20 - 21	0
21 - 22	7	21 - 22	0	21 - 22	0
22 - 23	7	22 - 23	0	22 - 23	0
23 - 24	0	23 - 24	0	23 - 24	0

Tabela 0.17 Perfil de iluminação da Escola

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	10	0 - 1	10
1 - 2	0	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	0	2 - 3	10	2 - 3	10
3 - 4	0	3 - 4	10	3 - 4	10
4 - 5	0	4 - 5	10	4 - 5	10
5 - 6	0	5 - 6	10	5 - 6	10
6 - 7	0	6 - 7	10	6 - 7	10
7 - 8	0	7 - 8	10	7 - 8	10
8 - 9	15	8 - 9	0	8 - 9	0
9 - 10	90	9 - 10	0	9 - 10	0
10 - 11	100	10 - 11	0	10 - 11	0
11 - 12	100	11 - 12	0	11 - 12	0
12 - 13	95	12 - 13	0	12 - 13	0
13 - 14	80	13 - 14	0	13 - 14	0
14 - 15	80	14 - 15	0	14 - 15	0
15 - 16	100	15 - 16	0	15 - 16	0
16 - 17	100	16 - 17	0	16 - 17	0
17 - 18	90	17 - 18	0	17 - 18	0
18 - 19	70	18 - 19	0	18 - 19	0
19 - 20	15	19 - 20	0	19 - 20	0
20 - 21	0	20 - 21	10	20 - 21	10
21 - 22	0	21 - 22	10	21 - 22	10
22 - 23	0	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	0	23 - 24	10	23 - 24	10



Tabela 0.18 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC na Escola

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sábados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	0	0 - 1	0
1 - 2	0	1 - 2	0	1 - 2	0
2 - 3	0	2 - 3	0	2 - 3	0
3 - 4	0	3 - 4	0	3 - 4	0
4 - 5	0	4 - 5	0	4 - 5	0
5 - 6	0	5 - 6	0	5 - 6	0
6 - 7	0	6 - 7	0	6 - 7	0
7 - 8	0	7 - 8	0	7 - 8	0
8 - 9	15	8 - 9	0	8 - 9	0
9 - 10	95	9 - 10	0	9 - 10	0
10 - 11	100	10 - 11	0	10 - 11	0
11 - 12	100	11 - 12	0	11 - 12	0
12 - 13	95	12 - 13	0	12 - 13	0
13 - 14	80	13 - 14	0	13 - 14	0
14 - 15	80	14 - 15	0	14 - 15	0
15 - 16	100	15 - 16	0	15 - 16	0
16 - 17	100	16 - 17	0	16 - 17	0
17 - 18	90	17 - 18	0	17 - 18	0
18 - 19	70	18 - 19	0	18 - 19	0
19 - 20	15	19 - 20	0	19 - 20	0
20 - 21	0	20 - 21	0	20 - 21	0
21 - 22	0	21 - 22	0	21 - 22	0
22 - 23	0	22 - 23	0	22 - 23	0
23 - 24	0	23 - 24	0	23 - 24	0

Tabela 0.19 Investimento inicial para a Escola

<b>Investimento inicial</b>	<b>3,035,269.00 €</b>
Espaços complementares (constr + equip):	0.00 €
Terreno e infraestruturas:	500,000.00 €
Sistemas de iluminação:	400,000.00 €
Sistemas de AVAC:	900,000.00 €
Sistemas de água e esgotos:	300,000.00 €
Sistemas para preparação de AQS:	240,000.00 €
Sistemas de energia renovável: (fotovoltaicos, eólicos, biomassa, etc.)	42,000.00 €
Acabamentos e pinturas:	260,000.00 €
Outros encargos (licenças, etc.):	50,000.00 €
<b>Outros encargos:</b>	<b>343,269.00 €</b>

Tabela 0.20 Rendimentos e gastos para a Escola

<b>Outros rendimentos e encargos anuais</b>	
Rendimentos líquidos de energia vendida:	0.00 €/ano
Rendimentos líquidos de rendas:	0.00 €/ano
Outros rendimentos líquidos:	0.00 €/ano
Gastos em conservação e manutenção:	20,000.00 €/ano
Gastos em impostos (IMI, etc.):	0.00 €/ano

Supermercado

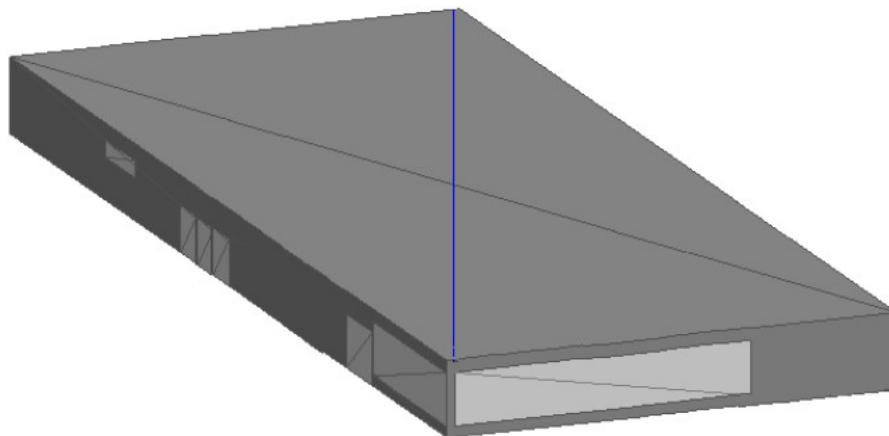


Figura 0.11 Representação exterior do Supermercado (Vidigueira, 2013)

Tabela 0.21 Perfil de ocupação do Supermercado

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	0	0 - 1	0
1 - 2	0	1 - 2	0	1 - 2	0
2 - 3	0	2 - 3	0	2 - 3	0
3 - 4	0	3 - 4	0	3 - 4	0
4 - 5	0	4 - 5	0	4 - 5	0
5 - 6	0	5 - 6	0	5 - 6	0
6 - 7	0	6 - 7	0	6 - 7	0
7 - 8	5	7 - 8	5	7 - 8	5
8 - 9	5	8 - 9	5	8 - 9	5
9 - 10	30	9 - 10	10	9 - 10	10
10 - 11	60	10 - 11	50	10 - 11	50
11 - 12	60	11 - 12	80	11 - 12	80
12 - 13	60	12 - 13	80	12 - 13	80
13 - 14	60	13 - 14	80	13 - 14	80
14 - 15	60	14 - 15	80	14 - 15	80
15 - 16	60	15 - 16	80	15 - 16	80
16 - 17	60	16 - 17	80	16 - 17	80
17 - 18	70	17 - 18	90	17 - 18	90
18 - 19	80	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	60	19 - 20	70	19 - 20	70
20 - 21	50	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	30	21 - 22	40	21 - 22	40
22 - 23	10	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	5	23 - 24	5	23 - 24	5

Tabela 0.22 Perfil de iluminação do Supermercado

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	20	1 - 2	20	1 - 2	20
2 - 3	20	2 - 3	20	2 - 3	20
3 - 4	20	3 - 4	20	3 - 4	20
4 - 5	20	4 - 5	20	4 - 5	20
5 - 6	20	5 - 6	20	5 - 6	20
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	60	7 - 8	60	7 - 8	60
8 - 9	60	8 - 9	60	8 - 9	60
9 - 10	60	9 - 10	60	9 - 10	60
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	100	17 - 18	100	17 - 18	100
18 - 19	100	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	60	23 - 24	60	23 - 24	60

Tabela 0.23 Perfil de uso de equipamentos não-AVAC no Supermercado

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	20	1 - 2	20	1 - 2	20
2 - 3	20	2 - 3	20	2 - 3	20
3 - 4	20	3 - 4	20	3 - 4	20
4 - 5	20	4 - 5	20	4 - 5	20
5 - 6	20	5 - 6	20	5 - 6	20
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	20	9 - 10	20	9 - 10	20
10 - 11	40	10 - 11	50	10 - 11	50
11 - 12	70	11 - 12	80	11 - 12	80
12 - 13	70	12 - 13	80	12 - 13	80
13 - 14	70	13 - 14	80	13 - 14	80
14 - 15	70	14 - 15	80	14 - 15	80
15 - 16	70	15 - 16	80	15 - 16	80
16 - 17	70	16 - 17	80	16 - 17	80
17 - 18	80	17 - 18	90	17 - 18	90
18 - 19	90	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	70	19 - 20	80	19 - 20	80
20 - 21	60	20 - 21	70	20 - 21	70
21 - 22	40	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	20	22 - 23	20	22 - 23	20
23 - 24	20	23 - 24	20	23 - 24	20

**Tabela 0.24 Investimento inicial para o Supermercado**

<b>Investimento inicial</b>	<b>616,050.00 €</b>
Espaços complementares (constr + equip):	46,050.00 €
Terreno e infraestruturas:	200,000.00 €
Sistemas de iluminação:	100,000.00 €
Sistemas de AVAC:	100,000.00 €
Sistemas de água e esgotos:	40,000.00 €
Sistemas para preparação de AQS:	8,000.00 €
Sistemas de energia renovável: (fotovoltaicos, eólicos, biomassa, etc.)	12,000.00 €
Acabamentos e pinturas:	80,000.00 €
Outros encargos (licenças, etc.):	20,000.00 €
Outros encargos:	10,000.00 €

**Tabela 0.25 Rendimentos e gastos no Supermercado**

<b>Outros rendimentos e encargos anuais</b>	
Rendimentos líquidos de energia vendida:	0.00 €/ano
Rendimentos líquidos de rendas:	0.00 €/ano
Outros rendimentos líquidos:	0.00 €/ano
Gastos em conservação e manutenção:	10,000.00 €/ano
Gastos em impostos (IMI, etc.):	8,000.00 €/ano