



# **Soluções Construtivas de Fachadas em Edifícios de Saúde**

## **Análise de Desempenho e Sustentabilidade**

Romeu Martins Louro

### **Orientadores**

Professor Doutor Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Superior de Tecnologia de Castelo Branco do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos, Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco, e coorientação do Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva, Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

**Novembro 2014**

## Composição do júri

### Presidente do júri

Doutora, Cristina Calmeiro dos Santos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

### Vogais

Doutor, Romeu da Silva Vicente

Professor Associado da Universidade de Aveiro

Doutora, Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutora, Maria Constança Simões Rigueiro

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha querida amada esposa Milena e filho Guilherme, sem eles não seria possível este estudo, pois foram eles que me apoiaram e motivaram em tudo.

## Agradecimentos

À minha querida amada esposa e filho por todo o tempo que devo a eles.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos pela sua disponibilidade de orientação neste trabalho e pelo apoio prestado nas dúvidas.

Ao Prof.<sup>o</sup> Doutor José António Raimundo Mendes da Silva, professor associado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra pela sua disponibilidade de orientação neste trabalho.

Aos Serviços de Instalações e Equipamentos da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco E.P.E. por permitir consultar toda a documentação técnica dos edifícios

Aos Serviços Financeiros da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. por facultar toda a faturação essencial ao trabalho.

Aos Serviços de Recursos Humanos da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. por fornecer dados acerca dos profissionais de saúde.

Ao Gabinete de Apoio à Gestão da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. por facultar dados estatísticos.

A todos os profissionais de saúde da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. que responderam ao inquérito desenvolvido em paralelo com este trabalho.

À Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco que me deu esta oportunidade de realizar este trabalho.

## Resumo

O aumento do consumo de energia ao longo dos tempos tem vindo a criar um efeito prejudicial no nosso mundo e meio ambiente, principalmente pelo consumo de combustíveis fósseis que libertam durante a sua combustão gases com efeitos de estufa (GEE) e que provocam um aumento da temperatura média da superfície terrestre, e por consequência traduz-se em alterações climáticas como têm vindo a acontecer.

Contudo, existe a preocupação por parte de alguns países em reduzir as emissões de GEE, uma vez que têm surgido medidas nacionais e internacionais, consequência do excessivo consumo de combustíveis fósseis por serem prejudiciais e esgotáveis, e por outro lado promover uma maior utilização de energias renováveis.

Das medidas implementadas em Portugal, destaca-se o Programa para a Eficiência Energética em Edifícios, do qual surgiu o Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), agora recentemente alterados por transposição da Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios

A presente tese baseia-se no estudo efetuado nos edifícios de saúde da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E., analisando os seus dados de consumos energéticos, de maneira a verificar se estão a ser devidamente cumpridos os parâmetros constantes da legislação e, ainda, com o intuito de propor soluções de poupança energética.

Para o efeito foram realizados levantamentos nos diversos locais e com base nestes foi definido um modelo que serviu de base para realizar várias simulações dinâmicas cuja modelação foi feita no programa *DesignBuilder*, associado ao IEE Portugal na parte respeitante aos cálculos.

São apresentados vários gráficos e tabelas que permitem delinear ao nível das intervenções na envolvente a tomar em consideração com vista à redução de consumos melhorando a eficiência energética dos edifícios em estudo tornando-os mais sustentáveis.

## Palavras-chave

Edifícios de Saúde, Eficiência energética, Consumos de Energia, Soluções da Envolvente.

## Abstract

Over the time, the increase in energy consumption has been created a harmful effect on our world and the environment, mainly through the consumption of fossil fuels that released gases greenhouse gases (GHG) during their combustion. This effect is causing an increase on the average surface temperature, causing several climatic changes as it has been happening.

However, there is a concern by some countries to reduce GHG emissions, through national and international measures in consequence of the excessive consumption of fossil fuels characterized by its harmful potential and its scarcity, and otherwise to promote the increased use of renewable energy.

About the measures implemented in Portugal, the Program for Energy Efficiency in Buildings is one of the most important, in which the “Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE)” has emerged. The SCE integrates the “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)”, and “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)”, now recently changed by transposing the Directive n.º 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 for the energetic building performance (EPBD).

This thesis is based on a study developed in the health’ buildings of the Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, EPE, analysing their energetic consume data in order to verify whether they are in accordance with the legal parameters and also in order to propose solutions for energy savings.

For this purpose, the survey of each building was carried out in order to establish a model that was used as the basis to perform several dynamic simulations. These simulations were done with the software *DesignBuilder* associated with the IEE Portugal in the part related to the calculations.

Several charts and tables are presented and it allows to define the level of interventions in the building envelope to take into consideration in order to reduce its consumption. It also will turn the building more sustainable by improving its energy efficiency.

## Keywords

Building Health, Energy Efficient, Energy Consumption, Environment Solutions.

# Índice geral

Índice geral .....	VII
Índice de figuras .....	X
Lista de tabelas .....	XIV
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	XVII
Simbologia.....	XX
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura do Trabalho .....	2
<b>2. Disposições legais e regulamentares .....</b>	<b>4</b>
2.1. Introdução .....	4
2.2. Informação de carácter legal e regulamentar .....	4
2.3. Informação de carácter normativo .....	7
2.4. Recomendações técnicas de carácter específico .....	8
<b>3. Avaliação do Conforto Térmico .....</b>	<b>12</b>
3.1. Introdução .....	12
3.2. Resumo das Normas ISO 7730 (2005), ASHRAE 55 e EN15251 (2006) .....	12
3.2.1. O Conforto térmico .....	13
3.2.2. A regulação térmica do ser humano .....	14
3.2.3. Parâmetros individuais e ambientais .....	16
3.2.4. Voto médio previsível (PMV) e percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD) .....	18
3.2.5. Temperatura do ar .....	21
3.2.6. Humidade relativa, humidade absoluta e a Carta Psicrométrica .....	22
3.3. Inquérito sobre o Conforto térmico, acústico e de iluminação na ULS .....	24
<b>4. Transmissão de calor em edifícios.....</b>	<b>35</b>
4.1. Interpretação de Fachada .....	35
4.2. Interpretação das trocas de calor em edifícios .....	37
4.3. Inércia térmica .....	42
<b>5. Apresentação de casos de Estudo .....</b>	<b>44</b>
5.1. A Unidade Local de Saúde de Castelo Branco .....	44
5.2. Dados climáticos de Castelo Branco.....	46

5.2.1.	Identificação das zonas climáticas .....	46
5.2.2.	Análise dos dados climáticos.....	49
5.3.	Caracterização das soluções construtivas .....	55
5.3.1.	Introdução .....	55
5.3.2.	Evolução das soluções construtivas de paredes em Portugal .....	55
5.3.3.	Hospital Amato Lusitano – HAL.....	56
5.3.4.	Centro de Saúde S. Miguel .....	60
5.3.5.	Centro de Saúde de S. Tiago.....	62
5.3.6.	Centro de Saúde de Idanha-a-Nova .....	64
5.3.7.	Centro de Saúde de Penamacor.....	66
5.3.8.	Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão .....	68
5.3.9.	Centro de Saúde de Oleiros .....	70
5.3.10.	Centro de Saúde de Proença-a-Nova .....	72
5.3.11.	Centro de Saúde de Sertã .....	74
5.3.12.	Centro de Saúde de Vila de Rei .....	76
5.3.13.	Resumo dimensional dos edifícios da ULS em estudo.....	78
<b>6.</b>	<b>Determinação de alguns parâmetros segundo o DL118/2013 .....</b>	<b>84</b>
6.1.	Introdução .....	84
6.2.	Transferência de calor por transmissão pela envolvente opaca vertical.....	84
6.2.1.	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento da envolvente opaca vertical .....	84
6.2.2.	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento pela envolvente opaca vertical.....	88
6.3.	Transferências de calor por ventilação e renovação de ar .....	90
6.3.1.	Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento .....	90
6.3.2.	Transferência de calor por renovação do ar, estação de arrefecimento.....	91
6.4.	Ganhos Energéticos pela envolvente opaca vertical .....	93
6.4.1.	Ganhos de inverno .....	93
6.4.2.	Ganhos térmicos úteis .....	95
6.4.3.	Ganhos de verão .....	97
6.5.	Desempenho térmico da envolvente opaca vertical - $N_{ic}^*$ .....	99
6.6.	Desempenho térmico da envolvente opaca vertical - $N_{vc}^*$ .....	100
<b>7.</b>	<b>Consumos energéticos reais entre 2011 e 2013.....</b>	<b>102</b>
7.1.	Recolha dos consumos energéticos .....	102

7.2.	Consumos de energia elétrica dos edifícios em estudo da ULS.....	103
7.3.	Consumo de gás natural GN e gás propano GPL .....	107
7.4.	Indicadores de Eficiência Energética Efetivos (IEE <sub>EF</sub> ).....	111
7.4.1.	Determinação de IEE <sub>EF</sub> .....	111
7.4.2.	Indicadores de Eficiência Energéticos efetivos versus Necessidades $N_{ic}^*$ e $N_{vc}^*$ .....	113
<b>8.</b>	<b>Modelação e definição de estratégias para redução de consumos energéticos.....</b>	<b>114</b>
8.1.	Introdução .....	114
8.2.	O modelo .....	114
8.3.	Análise dinâmica do Modelo.....	117
8.4.	Comparação do modelo com os edifícios em estudo.....	130
<b>9.</b>	<b>Conclusões e trabalhos futuros .....</b>	<b>132</b>
9.1.	Trabalho Realizado.....	132
9.2.	Conclusões Gerais .....	133
9.3.	Conclusões Específicas .....	134
9.4.	Trabalhos Futuros .....	135
<b>10.</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>136</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>139</b>
	Apêndice I – Determinação de variáveis para os ganhos .....	139
	Apêndice II – Ambientes da aplicação desenvolvida para controlo de faturação e consumos de energia .....	147
	Apêndice III – Consumo de eletricidade dos edifícios da ULS .....	152
	<b>Anexos .....</b>	<b>153</b>
	Anexo I – Resultados da Aplicação do <i>DesignBuilder</i> .....	153

## Índice de figuras

Figura 1 - Exemplo de uma carta psicrométrica com definição da zona de conforto .....	14
Figura 2 - Zonas de respostas fisiológicas .....	15
Figura 3- Localização do hipotálamo no cérebro e processo regulação térmica do corpo humano. ....	15
Figura 4 - Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas .....	16
Figura 5 - Equilíbrio térmico do corpo humano .....	18
Figura 6 - Equilíbrio térmico da camada de roupa, em um regime de estado estacionário .....	20
Figura 7 - Percentagem previsível de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio previsível (PMV) .....	21
Figura 8 - a) Temperatura do ponto de orvalho. b)Carta psicrométrica para climas no nível do mar. TBS = 30°C, TBH = 20°C, Hr = 40%. ....	23
Figura 9 - Página principal para acesso ao inquérito na plataforma intranet da ULS através do endereço questionarios.hal.min-saude.pt.....	24
Figura 10 - Página de boas vindas ao inquérito.....	25
Figura 11 - Profissionais da ULS por género de cada sector Hospital e Centros de Saúde. ....	27
Figura 12 - Número de profissionais da ULS por categorias e por sectores Hospital e Centros de Saúde.....	27
Figura 13 - Respostas pela proximidade a uma parede e janela exterior a menos de 3m. ....	28
Figura 14 - Respostas em relação aos dispositivos que estão ao alcance para controlo da temperatura nos postos de trabalho. ....	28
Figura 15 - Respostas do grau de satisfação em relação à temperatura nos postos de trabalho. .	29
Figura 16 - Respostas em relação à temperatura no verão apenas para o Hospital .....	30
Figura 17 - Respostas em relação à temperatura no inverno apenas para o Hospital. ....	30
Figura 18 - Respostas em relação à temperatura no verão apenas para os Centros de Saúde. ....	30
Figura 19 - Respostas em relação à temperatura no inverno apenas para os Centros de Saúde. .	31
Figura 20 - a) Respostas em relação à existência de iluminação natural nos postos de trabalho e b) qualidade atribuída à iluminação natural.....	32
Figura 21 - Respostas em relação ao ruído sentido nos postos de trabalho. ....	33
Figura 22 - Respostas em relação ao ruído sentido nos postos de trabalho no período noturno e percepção do ruído.....	33
Figura 23 - Fontes de ruído sentido nos postos de trabalho.....	34
Figura 24 - Funções de uma fachada. ....	35
Figura 25 - Ilustração dos fenómenos de transmissão de calor. ....	37
Figura 26 - Mecanismos de transmissão de calor em edifícios. ....	37
Figura 27 - Fluxo de calor (Q) por condução em regime permanente. ....	38
Figura 28 - Fluxo de calor (Q) por condução em regime permanente num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo. ....	39
Figura 29 - Resistência total num circuito elétrico com resistência em série. ....	39
Figura 30 - Fluxo de calor (Q) por condução em regime permanente num elemento formado por camadas paralelas ao fluxo. ....	40

Figura 31 - a) Esquema demonstrativo da inércia térmica e b) Comparação entre as inércias forte e fraca, adaptado. ....	43
Figura 32 - Estrutura organizacional .....	44
Figura 33 - Área de influência da ULS na região Centro de Portugal Continental. ....	45
Figura 34 - Edifícios da ULS para estudo (Hospital e Centros de Saúde).....	45
Figura 35 - Janela principal do programa para obtenção de dados climáticos, disponibilizado pelo LNEG. ....	49
Figura 36 - Visualização dos dados climáticos para Castelo Branco, com uma elevação de 376m, através do programa <i>Climate Consultant</i> . ....	50
Figura 37 - Gamas de temperaturas para Castelo Branco, com uma elevação de 376m. ....	50
Figura 38 - a) Proteção solar entre 21 de dezembro e 21 de junho e, b) Proteção solar entre 21 junho de 21 de dezembro para Castelo Branco, com uma elevação de 376m.....	51
Figura 39 - Humidade relativa para Castelo Branco, com uma elevação de 376m. ....	51
Figura 40 - Roda dos ventos para Castelo Branco, com uma elevação de 376m.....	52
Figura 41 - Tipos de modelo de conforto para definição das estratégias no <i>Climate Consultant</i> .	52
Figura 42 - Gráfico Psicrométrico para Castelo Branco, com uma elevação de 376m, com ASHRAE handbook through 2005 e com as melhores estratégias. ....	54
Figura 43 - Evolução das fachadas em Portugal nas últimas décadas. ....	56
Figura 44 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Hospital Amato Lusitano. ....	57
Figura 45 - Proteção das janelas orientadas a sul, parte da fachada orientada a sul .....	58
Figura 46 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 48cm de espessura. ....	59
Figura 47 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 41cm de espessura. ....	59
Figura 48 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 35cm de espessura. ....	59
Figura 49 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 32cm de espessura e com isolamento térmico. ....	60
Figura 50 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de S. Miguel. ....	61
Figura 51 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do Centro de Saúde S. Miguel.....	61
Figura 52 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de S. Tiago.....	62
Figura 53 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do Centro de Saúde S. Tiago. ....	63
Figura 54 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova.....	64
Figura 55 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova com parede dupla de tijolo furado. ....	65
Figura 56 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova com parede de alvenaria de pedra e tijolo furado. ....	65

Figura 57 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Penamacor.....	66
Figura 58 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de pedra com 40cm de espessura. ....	67
Figura 59 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de pedra com 80cm de espessura. ....	68
Figura 60 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de tijolo furado, com 40cm de espessura. ....	68
Figura 61 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão.....	69
Figura 62 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão.....	70
Figura 63 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Oleiros. ....	71
Figura 64 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Oleiros.....	71
Figura 65 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Proença-a-Nova. ....	72
Figura 66 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Proença-a-Nova. ....	73
Figura 67 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Proença-a-Nova com revestimento em pedra no exterior. ....	73
Figura 68 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Sertã. ....	74
Figura 69 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde da Sertã. ....	75
Figura 70 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Vila de Rei. ....	76
Figura 71 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de pedra.....	77
Figura 72 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de tijolo. ....	78
Figura 73 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de tijolo e revestimento de pedra no exterior. ....	78
Figura 74 - Evolução da tipologia utilizada na construção de paredes dos edifícios em estudo da ULS.....	82
Figura 75 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de S. Miguel, S. Tiago,entre 2011 e 2013.....	104
Figura 76 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Idanha-a-Nova e Penamacor entre 2011 e 2013.....	104
Figura 77 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh do HAL e do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão entre 2011 e 2013. ....	105
Figura 78 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Oleiros, Proença-a-Nova entre 2011 e 2013 .....	105
Figura 79 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Sertã e Vila de Rei entre 2011 e 2013. ....	106
Figura 80 - Gráfico dos consumos totais de eletricidade em kWh de todos os edifícios em estudo da ULS entre 2011 e 2013. ....	106
Figura 81 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova entre 2011 e 2013. ....	108
Figura 82 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Oleiros entre 2011 e 2013. ....	108

Figura 83 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Proença-a-Nova entre 2011 e 2013. ....	109
Figura 84 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão entre 2011 e 2013. ....	109
Figura 85 - Consumo de gás natural em kWh do HAL entre 2011 e 2013.....	109
Figura 86 - Representação tridimensional do modelo no <i>DesignBuilder</i> . ....	117
Figura 87 - Parâmetros definidos no <i>DesignBuilder</i> para AVAC na ventilação mecânica.....	120
Figura 88 - Resultados dos IEE e das Necessidades obtidos para os diversos cenários. ....	122
Figura 89 - Lâminas aplicadas nos vãos envidraçados no cenário 4. ....	123
Figura 90 - Resultados do cenário 1 para aquecimento. ....	125
Figura 91 - Resultados do cenário 1 para o arrefecimento. ....	126
Figura 92 - Gráficos do cenário 1 com resultados das simulações anuais.....	128
Figura 93 - a) Luminosidade do cenário 1 e b) Luminosidade do cenário 4. ....	129

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Legislação portuguesa em vigor relativos à promoção da eficiência energética.....	5
Tabela 2 - Legislação portuguesa em vigor para a certificação energética e qualidade do ar interior.....	7
Tabela 3 - Apresentação sucinta de algumas normas ISO, entre outros. ....	8
Tabela 4 - Categorias de Conforto definidas pela EN15251 (2006) .....	13
Tabela 5 - Valores de metabolismo para várias atividades.....	17
Tabela 6 - Resistência térmica do vestuário (Águas, 2000) .....	18
Tabela 7 - Escalas de percepção e de preferência térmica.....	19
Tabela 8 - Categorias de ambiente térmico, (Lamberts, 2011) .....	21
Tabela 9 - Número de funcionários de cada instituição da ULS à data de 26-05-2014, fonte Recursos Humanos da ULS. ....	26
Tabela 10 - Demografia dos profissionais da ULS. ....	26
Tabela 11 - Valores das resistências térmicas superficiais, $R_{se}$ e $R_{si}$ .....	42
Tabela 12 - Centros de Saúde por Agrupamento .....	44
Tabela 13 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento para BIS e PIS. ....	46
Tabela 14 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento das zonas BIS e PIS .....	47
Tabela 15 - Valores calculados para a estação de aquecimento dos edifícios da ULS.....	48
Tabela 16 - Valores calculados para a estação de arrefecimento dos edifícios da ULS. ....	48
Tabela 17 - Zonas climáticas de inverno e verão dos edifícios da ULS. ....	48
Tabela 18 - Resumo do levantamento dimensional das instalações em estudo da ULS. ....	79
Tabela 19 - Áreas de paredes expostas por orientação. ....	79
Tabela 20 - Áreas dos envidraçados por orientação. ....	79
Tabela 21 - Fator forma FF e outros fatores .....	80
Tabela 22 - Anos de construção e novas obras de remodelação de cada edifício da ULS em estudo.....	81
Tabela 23 - Classificação em relação aos coeficientes de transmissão térmica das paredes. ....	83
Tabela 24 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores, $Hext_{par}$ .....	84
Tabela 25 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores de referência, $Hext_{par}REF$ .....	85
Tabela 26 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores máximos admissíveis, $Hext_{par}MAX$ .....	85
Tabela 27 - Coeficiente de transferência de calor dos vãos envidraçados, $Hext_{env}$ .....	86
Tabela 28 - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores de referência, $Hext_{env}REF$ .....	86
Tabela 29 - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores máximos admissíveis, $Hext_{env}MAX$ .....	86
Tabela 30 - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, $Q_{tr,i}^*$ .....	87
Tabela 31 - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores de referência, $Q_{tr,i}REF^*$ .....	88

Tabela 32 - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores máximos admissíveis $Q_{tr,i}MAX^*$ .....	88
Tabela 33 - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, $Q_{tr,v}^*$ .....	89
Tabela 34 - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores de referência, $Q_{tr,v}REF^*$ .....	90
Tabela 35 - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores máximos, $Q_{tr,v}MAX^*$ .....	90
Tabela 36 - Transferência de calor por ventilação $Q_{ve,i}$ , na estação de aquecimento. ....	91
Tabela 37 - Transferências de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento $Q_{ve,v}$ dos edifícios da ULS. ....	92
Tabela 38 - Ganhos internos brutos de inverno, $Q_{int,i}$ .....	93
Tabela 39 - Ganhos térmicos brutos de referência de inverno, $Q_{g,i} REF$ .....	94
Tabela 40 - Fatores de utilização de aquecimento $\eta_i$ e ganhos úteis de aquecimento $Q_{gu,i}$ para os edifícios da ULS. ....	96
Tabela 41 - Fatores de utilização de arrefecimento $\eta_v$ e ganhos úteis de arrefecimento $Q_{gu,v}$ para os edifícios da ULS.....	96
Tabela 42 - Ganhos internos brutos de verão, ( $Q_{int,v}$ ).....	97
Tabela 43 - Ganhos térmicos brutos no verão $Q_{g,v}$ .....	99
Tabela 44 - Ganhos térmicos brutos de referência no verão $Q_{g,v}REF$ .....	99
Tabela 45 - Necessidades nominais de aquecimento pela envolvente opaca vertical $N_{ic}^*$ e $N_i^*$ .	100
Tabela 46 - Parte das Necessidades nominais anuais de arrefecimento $N_{vc}^*$ e parte dos valores máximos de energia útil para arrefecimento $N_v^*$ dos edifícios da ULS. ....	101
Tabela 47 - Fontes de Energia para aquecimento, arrefecimento, AQS e microprodução de energia dos edifícios em estudo da ULS.....	102
Tabela 48 - Consumos médios em kWh de eletricidade entre 2011 e 2013 por mês de cada edifício em estudo da ULS.....	107
Tabela 49 - Consumo de gás entre 2011 e 2013 por meses dos edifícios da ULS com caldeiras. .	108
Tabela 50 - Variação dos consumos de energia entre 2013 e 2011 dos edifícios em estudo da ULS.....	110
Tabela 51 - Consumos médios por mês de gás entre 2011 e 2013 dos edifícios em estudo da ULS.....	111
Tabela 52 - Conversão da energia elétrica para energia primária. ....	111
Tabela 53 - Conversão da energia gás para energia primária. ....	112
Tabela 54 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos $IEE_{EF}$ dos Edifícios em estudo da ULS, zona BIS.....	112
Tabela 55 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos $IEE_{EF}$ dos Edifícios em estudo da ULS, zona PIS.....	112
Tabela 56 - Relação Consumo Efetivo versus Necessidades parciais. ....	113
Tabela 57 - Áreas brutas, áreas das fachadas expostas por orientação e fatores forma. ....	114
Tabela 58 - Relação entre as dimensões das fachadas para os diferentes pontos cardeais. ....	115
Tabela 59 - Relação entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento, áreas dos vãos envidraçados por orientação.....	115
Tabela 60 - Relação entre as dimensões dos vãos envidraçados para os diferentes pontos cardeais.....	115
Tabela 61 - Determinação da espessura e do U das paredes do modelo.....	116

Tabela 62 - Valores do modelo em <i>Construction</i> do <i>DesignBuilder</i> .....	118
Tabela 63 - Valores do modelo em <i>Openings</i> do <i>DesignBuilder</i> . ....	118
Tabela 64 - Valores do modelo em <i>Activity</i> do <i>DesignBuilder</i> . ....	118
Tabela 65 - Valores do modelo em <i>Lighting</i> do <i>DesignBuilder</i> . ....	119
Tabela 66 - Valores para ventilação mecânica do modelo em HVAC do <i>DesignBuilder</i> . ....	119
Tabela 67 - Valores para ventilação natural do modelo em HVAC do <i>DesignBuilder</i> . ....	119
Tabela 68 - Valores para aquecimento e arrefecimento do modelo em HVAC do <i>DesignBuilder</i> . ..	119
Tabela 69 - Cenários para simulações dinâmicas no <i>DesignBuilder</i> .....	121
Tabela 70 - Variações dos IEE e necessidades dos vários cenários, comparativamente ao modelo inicial. ....	122
Tabela 71 - Resultados obtidos para o aquecimento do modelo inicial (cenário 1) e comparações em termos percentuais dos restantes cenários com o modelo inicial. .	124
Tabela 72 - Resultados obtidos para o arrefecimento do modelo inicial (cenário 1) e comparações em termos percentuais dos restantes cenários com o modelo inicial ..	127
Tabela 73 - Comparação dos consumos de energia com o primeiro cenário. ....	129
Tabela 74 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos $IEE_{EF}$ .....	130
Tabela 75 - Valores IEE e $IEE_{REF}$ obtidos para os diversos cenários, com base no modelo, através do <i>DesignBuilder</i> . ....	131

## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ABR - abril

ACSS – Administração Central do Sistema de Saúde

ADENE – Agencia para a energia

AGO - agosto

AQS - Águas Quentes Sanitárias

ARSC – Administração Regional de Saúde do Centro, IP

ASHARE – American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers

BIS – Beira Interior Sul

CAD – Computer Aided Design

DEZ - dezembro

DGIES - Direcção Geral de Instalações e Equipamentos de Saúde

DL – Decreto-lei

ECO.AP - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

EER - Energy Efficiency Ratio

Efs - Energy for Sustainability

ENE - Estratégia Nacional para a Energia

E.P.E. – Entidade Pública Empresarial

EPS - Poliestireno Expandido

EPW - EnergyPlus Weather Data

FER - Fundo de Eficiência Energética

FEV - fevereiro

Fpu - fator de conversão para energia primária

GEE – Gases com Efeitos de Estufa

GN – Gás Natural

GPL - Gás Propano Liquefeito

HAL – Hospital Amato Lusitano

I.P. – Instituto Público

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISO – International Organization for Standardization

ISP - Imposto Sobre produtos Petrolíferos

ISV - Imposto Sobre Veículos  
IUC - Imposto Único de Circulação  
ITE50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios  
JAN - janeiro  
JUN - junho  
JUL - julho  
LED - Light Emitting Diode  
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
LNEG - Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia  
MAI - maio  
MAR - março  
MS - Ministério da Saúde  
NOV - novembro  
NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos  
OUT - outubro  
PIS - Pinhal Interior Sul  
PMV - Predicted Mean Vote  
PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas  
PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética  
PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis  
PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied  
PQ - Perito Qualificado  
RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios  
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios  
RCM - Resolução do Conselho de Ministros  
REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado  
RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços  
REGEU - Regulamento Geral das Edificações Urbanas  
REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação  
RNBC - Roteiro Nacional de Baixo Carbono  
RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

SCE - Sistema de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior de Edifícios

SET - setembro

UCLA - Departamento de Arquitetura da Universidade da Califórnia, Los Angeles

UE – União Europeia

ULS – Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E.

UONIE – Unidade Operacional Normalização de Instalações e Equipamentos

XPS - Poliestireno Extrudido

## Simbologia

$A$  - área da parede

$\alpha$  - Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

- parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica

$A_1, A_2, A_3$  - área do elemento 1, 2 e 3 respetivamente

$A_{cob}$  - Área da cobertura em planta

$A_d$  - Área superficial de Dubois

$A_{env}$  - Área de envidraçados

$A_{exp}$  - Área total exposta

$A_{fach}$  - Área de fachada exposta

$A_j$  = área do elemento  $j$

$A_{op}$  - Área do elemento da envolvente opaca exterior

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior

$A_{s,i nj}$  - área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície  $n$  com a orientação  $j$

$A_{s,n nj}$  - Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento  $n$  com a orientação  $j$

$A_{s,v nj}$  - Área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado  $n$  com orientação  $j$

$A_u$  - Área útil de pavimento

$C$  - Trocas por convecção com camadas de ar

$Classifica_U$  - Nota de Classificação do coeficiente de transmissão térmica ponderado, face aos coeficientes de transmissão térmica máximo e de referência

$COP$  - Coefficient Of Performance

$C_{res}$  - troca de calor por convecção em respirar

$E$  - Perdas por evaporação através do suor

$e$  = Espessura

$e_1, e_2, e_3$  - Espessuras dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$E_c$  - Troca de calor por evaporação sobre a pele

$e_i$  - Espessura do elemento  $i$

$e_j$  - espessura do elemento  $j$

$E_{res}$  - Troca de calor por evaporação na respiração

$f_{cl}$  - Fator de área do vestuário

$FF$  - Fator forma

$F_g$  - Fração envidraçada do vão envidraçado

$F_{pu}$  - fator de conversão para energia primária

$F_{s,i\ nj}$  - fator de obstrução do vão envidraçado  $n$  com orientação  $j$  na estação de aquecimento

$F_{s,v\ nj}$  - Fator de obstrução da superfície do elemento  $n$ , com a orientação  $j$

$GD$  - Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III

$G_{sol\ j}$  - Energia solar média incidente numa superfície com orientação  $j$  durante toda a estação de arrefecimento

$G_{sul}$  - Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície

$g_v$  - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

$H$  = perdas de calor sensível

$H_a$  - Humidade absoluta

$H_{ext\ env}$  - Coeficiente de transferência de calor dos vãos envidraçados

$H_{ext\ env\ MAX}$  - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores máximos admissíveis

$H_{ext\ env\ REF}$  - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores de referência

$H_{ext\ par}$  - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores

$H_{ext\ par\ MAX}$  - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores máximos admissíveis

$H_{ext\ par\ REF}$  - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores de referência

$\eta_i$  - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento

$H_r$  - Humidade Relativa

$h_{se}$  - Coeficiente de condutância térmica superficial exterior

$h_{si}$  - Coeficiente de condutância térmica superficial interior

$H_{tr,i}$  - Coeficiente de transferência de calor por transmissão

$H_{tr,v}$  - Coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão

$H_{ve,i}$  - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

$H_{ve,v}$  - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento

$IEE$  - Indicador de Eficiência Energético

$IEE_{EF}$  - Indicador de Eficiência Energético Efetivo

$I_{sol}$  - Energia solar acumulada durante a estação

$I_t$  - Inércia térmica

$K$  - Trocas por condução através do vestuário

$\lambda$  - Condutibilidade térmica

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  - Condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$lcl$  - Isolamento de roupas

$\lambda_i$  - condutibilidade térmica do elemento  $i$

$\lambda_j$  = condutibilidade térmica do elemento  $j$

$L_v$  = Duração da estação de arrefecimento

$M$  = duração média da estação convencional de aquecimento

$ma$  - Massa de ar seco

$Mc$  - Taxa metabólica de produção de calor

$mv$  - Vapor de água contida numa unidade de massa de ar

$n$  - Número de elementos em série

$N_i$  - Valor máximo de energia útil para aquecimento

$N_{ic}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento dos edifícios

$N_v$  - Valor máximo de energia útil para arrefecimento

$N_{vc}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento dos edifícios

$pa$  - Pressão parcial de vapor de água

$Pd$  - Pé direito médio da fração

PMV - Predicted Mean Vote

PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

$Q$  - fluxo de calor total

$\theta_0$  - temperatura interior

$Q_1, Q_2, Q_3$  = fluxos de calor dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$Q_{cond}$  - Fluxo de calor por condução

$\theta_e$  - temperatura exterior

$\theta_{ext,v}$  - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento

$Q_g$  - Ganhos térmicos brutos na estação em estudo

$Q_{g,i}$  - Ganhos térmicos brutos

$Q_{g,iREF}$  - Ganhos térmicos brutos de referência

$Q_{gu,i}$  - Ganhos térmicos úteis de aquecimento

$Q_{gu,v}$  - Ganhos térmicos úteis de arrefecimento

$\theta_i$  - Temperatura interior

$q_{int}$  - Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície

$Q_{int,i}$  - Ganhos internos brutos na estação de aquecimento

$\theta_{se}$  = temperatura superficial exterior

$\theta_{si}$  = temperatura superficial interior

$Q_{sol,i}$  - Ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento

$Q_{sol,v}$  - Ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

$Q_{tr}$  - Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo

$Q_{tr,i}$  - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento

$Q_{tr,iMAX}$  - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores de máximos admissíveis

$Q_{tr,iREF}$  - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores de referência

$Q_{tr,v}$  - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação do arrefecimento

$Q_{tr,vMAX}$  - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores de referência

$Q_{tr,vREF}$  - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores de referência

$\theta_{v,ref}$  - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento

$Q_{ve}$  - transferência de calor por ventilação na estação em estudo

$Q_{ve,i}$  - Perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento

$Q_{ve,v}$  - Transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento

$R$  - Trocas por radiação com o ambiente

$R_1, R_2, R_3$  - Resistências térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respectivamente

$Res$  - Trocas de calor húmido e seco na respiração

$R_j$  = resistência térmica do elemento  $j$

$R_{ph,i}$  - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento

$R_{ph,v}$  - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento

$R_{se}$  - Resistência térmica superficial exterior

$R_{si}$  - Resistência térmica superficial interior

$R_t$  = Resistência térmica total

$S$  - Taxa total de calor armazenado no corpo;

$t_a$  - Temperatura do ar

$T_{BH}$  - Temperatura do Bolbo Húmido

$T_{BS}$  - Temperatura do Bolbo Seco

$t_{cl}$  - Temperatura da superfície do vestuário

$t_r$  - Temperatura radiante média

$t_{sk}$  - Temperatura da pele

$U$  - Coeficiente de transmissão térmica

$U_{MAX}$  - Coeficiente de transmissão térmica máximo

$U_p$  - Coeficiente de transmissão térmica do elemento

$U_{ponderado}$  - Coeficiente de transmissão térmica ponderado

$U_{REF}$  - Coeficiente de transmissão térmica de referência

$U_w$  - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado

$U_{wMAX}$  - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado máximo admissível

$U_{wREF}$  - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado de referência

$V$  - Volume interior

$W$  - Energia pelo trabalho realizado

$X_j$  - Fator de orientação para as diferentes exposições

$z$  - Altitude de referência

# 1. Introdução.

## 1.1. Enquadramento

A promoção da eficiência energética em conjunto com políticas sectoriais para diminuir as emissões de gases com efeito de estufa, manifesta-se na redução dos impactos negativos causados no nosso planeta, visíveis pelas alterações climáticas, a que não podemos ser alheios para garantir gerações futuras. Por outro lado, com a implementação de medidas de eficiência energética, assegura-se a redução dos consumos com eletricidade, combustíveis e água bem como a redução de produção de resíduos.

Os Governos Constitucionais recentes de Portugal têm vindo a assumir a necessidade de dar especial atenção à melhoria da eficiência energética do País, bem como fazer cumprir os objetivos de redução das emissões de gases com efeito de estufa. Em todos os Ministérios tem havido uma certa preocupação, e o Ministério da Saúde não é exceção. Com a criação do Grupo Técnico para a Reforma Hospitalar, foi estipulado por este grupo a implementação de um programa de eficiência energética como uma das medidas prioritárias a implementar no curto-prazo.

Existem sectores dentro do Ministério da Saúde que estão a adotar medidas de foro comportamental, com custos relativamente baixos, através de ações de sensibilização aos utilizadores das instalações e equipamentos. No que diz respeito à eletricidade, reduziram-se os níveis de iluminação em algumas zonas, aproveitando melhor a luz natural, alterando os horários de funcionamento da iluminação e climatização, configuraram-se equipamentos informáticos para entrarem em modo de poupança, criaram-se servidores virtuais, passando a haver apenas uma máquina com vários servidores virtuais ligada à energia. Em relação a água, reduziram-se os caudais de água, com a implementação de redutores de caudal. Por outro lado, existem sectores que estão a investir em soluções mais caras, como por exemplo a alteração da iluminação por lâmpadas LED (*light emitting diode*), outros com a instalação de painéis fotovoltaicos, entre outras.

É preciso investir e mudar comportamentos para reduzir os consumos energéticos. No caso dos edifícios de saúde, não é exceção, as metas que foram impostas pela Diretiva Comunitária 2010/31/EU do Parlamento Europeu até ao ano de 2020 são para todos os edifícios.

Todos os dados em estudo dizem respeito a instalações dispersas da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. (ULS) Até ao momento não existem estudos que caracterizam as soluções construtivas dos edifícios do Hospital e dos centros de saúde da ULS que permitem aferir conjuntamente com a legislação em vigor para a redução de consumos de energia, daí a importância deste trabalho.

Este trabalho baseia-se em elementos verticais das fachadas do Hospital Amato Lusitano e dos Centros de Saúde de S. Miguel, S. Tiago, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão, Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã e Vila de Rei.

## **1.2. Objetivos**

Este trabalho incide num estudo sobre as soluções construtivas de fachadas em edifícios de saúde tendo em conta a compatibilização com as suas exigências funcionais e com as exigências do espaço interior para que seja possível reduzir os consumos energéticos e, conseqüentemente, reduzir as emissões de gases com efeitos estufa.

Neste sentido, são caracterizadas as soluções construtivas e indicadas algumas patologias encontradas no local. É analisado o desempenho energético e sustentável das soluções utilizadas e apresentam-se estratégias para reduzir os consumos através de simulações dinâmicas de um modelo pelo programa informático *DesignBuilder*.

Para este trabalho são tidos em conta os edifícios do Hospital e centros de saúde da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E (ULS).

O trabalho tem ligação a uma tese de Doutoramento do Efs (Energy for Sustainability), que consiste na Iniciativa Energia para a Sustentabilidade da Universidade de Coimbra, contribuindo com casos de estudo em edifícios de saúde na região de Castelo Branco.

## **1.3. Estrutura do Trabalho**

A estrutura organizativa adotada neste trabalho segue as etapas da proposta para o seu desenvolvimento, com dez capítulos e estão descritos de uma forma resumida a seguir.

No primeiro capítulo, são apresentados o enquadramento do trabalho, os objetivos e a estrutura do mesmo.

No capítulo segundo, é apresentado um sumário da pesquisa bibliográfica efetuada, no âmbito das exigências dos espaços interiores, utilização de materiais em Edifícios Hospitalares, onde se inclui informação de carácter normativo e regulamentar, bem como recomendações técnicas de carácter específico elaboradas pela Unidade Operacional de Instalações e Equipamentos da Administração Central do Sistema de Saúde ACSS do Ministério da Saúde. O trabalho será realizado a partir da recolha de informação bibliográfica para a análise de requisitos e características mínimas das fachadas em edifícios tipo hospitalar.

No capítulo terceiro, são abordados os temas do conforto térmico, com apresentação resumida das normas ISSO 7730:2005, ASHRAE55 e EN15251:2006 e ainda são apresentados resultados de um inquérito sobre o conforto térmico, acústico e de iluminação, que foi realizado aos profissionais da ULS.

No quarto capítulo, são abordados temas do significado de uma fachada e dos fenómenos de transmissão de calor, por convecção, condução e radiação e da inércia térmica.

No quinto capítulo, são apresentados os casos de estudo, com apresentação dos dados climáticos da região de Castelo Branco, bem como a análise dos mesmos, gerados pelo ficheiro disponibilizado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), com recurso ao programa informático *Climate Consultant*. Neste capítulo ainda é referida a evolução das soluções construtivas de paredes em Portugal. São também apresentados os edifícios em estudo da ULS e as características das soluções construtivas das paredes dos mesmos.

No sexto capítulo, são exibidos alguns parâmetros que foram calculados utilizando a metodologia de cálculo e legislação em vigor pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e pelos Despachos e Portarias associados, com apresentação de transferências de calor, ganhos energéticos pela envolvente opaca vertical, e desempenhos térmicos da envolvente opaca vertical.

No sétimo capítulo, são demonstrados os consumos energéticos efetivos entre 2011 e 2013 dos edifícios em estudo da ULS, com base em faturação real da instituição, apresentando alguns resultados e metas a atingir face ao Despacho n.º 4860/2013, de 9 de abril e ainda são mostrados os indicadores de Eficiência Energética Efetivos (IEE<sub>EF</sub>), usando a metodologia da legislação em vigor do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

No oitavo capítulo, é apresentada a modelação e definição de estratégias para reduzir os consumos energéticos, com base nos dados anteriormente calculados e com recurso a um programa informático de simulação dinâmica o *DesignBuilder*.

No nono capítulo, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros, tratando de demonstrar o trabalho realizado, conclusões gerais, conclusões específicas e possíveis trabalhos futuros.

No décimo capítulo, são indicadas as referências bibliográficas.

## **2. Disposições legais e regulamentares**

### **2.1. Introdução**

Na pesquisa efetuada por recurso à bibliografia, a maior parte da informação encontra-se disponível e aplicável para edifícios em Portugal. Existe informação de carácter regulamentar e normativo bem como recomendações técnicas de carácter específico. No entanto, a maior dificuldade é encontrar disponíveis cadernos de encargos com cláusulas específicas das construções mais antigas.

Neste capítulo são apresentados elementos legislativos em vigor bem como normas e recomendações utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

### **2.2. Informação de carácter legal e regulamentar**

A recolha de elementos necessários para o desenvolvimento deste trabalho tem por base a informação existente nos projetos dos edifícios da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E. (ULS), o enquadramento da instituição está regulamentado por legislação portuguesa, nomeadamente pela Lei orgânica do Ministério da Saúde e da criação da ULS.

Outros elementos como a definição de áreas, pé-direito e entre outros, estão definidos no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (REGEU, 1951), no entanto a Portaria n.º 62/2003, de 16 de Janeiro, define a necessidade de proceder à revisão do RGEU, tendo em atenção a evolução técnica verificada, quer devido aos materiais e produtos de construção, quer devido aos processos tecnológicos e soluções construtivas, tendo em conta aspetos como a vida útil, a manutenção e a durabilidade dos edifícios e estabelece requisitos mínimos para as várias componentes dos edifícios.

Os aspetos acústicos a considerar em edifícios também estão regulamentados por legislação específica (RRAE, 2008).

Um dos aspetos fundamentais para este trabalho é relativo aos consumos de energia das instalações da ULS para fazer face à legislação em vigor, apresentada na Tabela 1, e foi o que motivou o conhecimento mais aprofundado das instalações com o objetivo de reduzir os consumos.

**Tabela 1 - Legislação portuguesa em vigor relativos à promoção da eficiência energética.**

<b>Legislação</b>	<b>Objeto</b>
Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril	Regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.
Decreto-Lei n.º 319/2009, de 03 de novembro	Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos públicos e que visa incrementar a relação custo-eficácia na utilização final de energia.
Decreto-Lei n.º 50/2010, de 20 de maio	Cria o Fundo de Eficiência Energética (FER) previsto no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética.
Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de novembro	Determina a elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2020 (RNBC 2020) e de planos sectoriais de baixo carbono, bem como do Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020 (PNAC 2020).
Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de janeiro	Tem por base as melhores práticas internacionais e o disposto no Decreto-Lei n.º 319/2009, de 3 de Novembro, o Governo através da presente resolução, lança o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública denominado ECO.AP, através do qual visa obter até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um aumento da eficiência energética na ordem dos 30%.
Despacho n.º 4860/2013, de 9 de abril	Define que as entidades públicas do sector da saúde devem, através da implementação das medidas previstas no Manual Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde ou de outras medidas a identificar localmente, alcançar globalmente as metas de redução para 2013, relativamente a valores de 2011, uma redução de 10% para consumos de eletricidade e gás, uma redução de 5% de consumos com água, e uma redução de 5% para produção de resíduos.
Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril	Aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética PNAEE para o período 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis PNAER para o período 2013-2020.
Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010	Desempenho energético dos edifícios, com o objetivo europeu UE 20-20-20 em 2020 de redução de 20% nas emissões de Gases com Efeitos de Estufa (GEE), 20% de energia seja proveniente de fontes renováveis, aumento de 20% na eficiência energética. Edifícios novos numa ótica de "necessidades de energia quase zero".

Toda esta legislação tem por objetivos traçados para a política energética, dando prioridade à eficiência energética, designadamente através da aplicação de programas de redução do consumo de energia nos edifícios públicos e da promoção de comportamentos e escolhas com menor consumo energético (Tabela 1). Neste contexto, a Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de abril, prevê, como um dos seus principais objetivos, o desenvolvimento de um agrupamento industrial associado à promoção da eficiência energética. Esta resolução permitiu criar um barómetro pela Agência para a Energia (ADENE), que visa estabelecer comparações entre os serviços, ou seja, é possível estabelecer escalas comparativas entre sectores por tipologia de entidade (RCM\_20/2013, 2013).

A ULS não é exceção, pois já consta no barómetro e cada vez mais os consumos energéticos devem ser tratados com mais rigor, por forma a tomar medidas que visam a sua redução. Só assim é possível ter um inventário real dos consumos de energia para poder tomar decisões acertadas em conjunto com os responsáveis das instituições (ECO.AP, [s.d.]).

O estabelecimento do horizonte temporal de 2020 para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária permite perspetivar antecipadamente o cumprimento das novas metas assumidas pela União Europeia, de redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020, bem como o objetivo geral assumido pelo Governo Português de redução no consumo de energia primária de 25% e o objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. Pretende-se que o PNAEE 2016 seja executado mediante a implementação de regulamentos entre outros, por imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética, obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas, mecanismos de diferenciação fiscal, como a discriminação positiva em sede de Imposto Único de Circulação IUC, Imposto sobre Veículos ISV e Imposto Sobre produtos Petrolíferos ISP. A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501ktep, correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2% relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016. No que respeita às energias renováveis, o PNAER 2020, prevê uma redução de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em FER face ao de 2010, com a quota de eletricidade de base renovável no novo PNAER a ser superior (60% vs. 55%), tal como a meta global a alcançar, que deverá situar-se em cerca de 35% (face à meta de 31%). Estas novas linhas gerais têm como base a premissa de que Portugal deve ser um país energeticamente eficiente e independente, ou seja, um país competitivo (RCM\_20/2013, 2013).

De acordo com a transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, foram melhorados alguns aspetos na aplicação do sistema de certificação energética assim como foram melhorados os respetivos regulamentos. Assim, é revista a legislação nacional com implementação de um único diploma para o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), e para o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e para o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Os parâmetros e outros dados são definidos por portarias e despachos sujeitos a alterações por parte do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (DL\_118, 2013). Na Tabela 2 são apresentados de forma sucinta os diplomas em vigor em Portugal no que diz respeito à certificação energética e qualidade do ar interior.

**Tabela 2 - Legislação portuguesa em vigor para a certificação energética e qualidade do ar interior**

<b>Legislação</b>	<b>Objeto</b>
Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto	Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios
Lei n.º 58/2013, de 20 de agosto	Aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, conformando-o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, que transpôs a Diretiva n.º 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais.
Portaria n.º 349-A/2013, série I, de 29 de novembro	Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).
Portaria n.º 349-B/2013, série I, de 29 de novembro	Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.
Portaria n.º 349-C/2013, série I, de 2 de dezembro	Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização
Portaria n.º 349-D/2013, série I, de 2 de dezembro	Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.
Portaria n.º 353-A/2013, série I, de 4 de dezembro	Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.
Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013, série II, de 3 de dezembro	Procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes
Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, série II, de 3 de dezembro	Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.
Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, série II, de 3 de dezembro	Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes.
Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, série II, de 3 de dezembro	Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.
Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013, de série II, de 3 de dezembro	Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia
Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013, série II, de 3 de dezembro	Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.
Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013, série II, de 3 de dezembro	Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária
Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, série II, de 3 de dezembro	Procede à publicação das regras de determinação da classe energética
Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, série II, de 3 de dezembro	Publica os parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.
Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013, série II, de 3 de dezembro	Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

### 2.3. Informação de carácter normativo

É de salientar que também existe um conjunto de normas entre outros documentos com carácter normativo que ajudam a desenvolver trabalhos como este, e que são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Apresentação sucinta de algumas normas ISO, entre outros.**

Descrição	Objeto
ISO 6240 de 1980	Definição de padrões de desempenho em construção.
ISO 6241 de 1984	Define os padrões de desempenho na construção, princípios para a sua preparação e fatores a serem considerados.
ISO 6946 de 2007	Definição de componentes e elementos de construção, resistência térmica e transmissão térmica, método de cálculo.
ISO 7162 de 1992	Definição de padrões de desempenho em edifícios, conteúdos e formatos de padrões de avaliação de desempenho.
ISO 7730 de 2005	Ergonomia do ambiente térmico, determinação e interpretação de conforto térmico.
ASHRAE 55	Condições térmicas ambientais para ocupação humana, princípios e estrutura.
BRE 443 de 2006	Convenções para cálculos de valor de transmissão térmica U
ITE50 de 2006	Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.
ISO 14040 de 2008	Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida, princípios e enquadramento.
EN 15251 de 2006	Especifica os parâmetros ambientais em ambientes fechados para a construção de sistemas de climatização e cálculos de desempenho energético.

## 2.4. Recomendações técnicas de carácter específico

Da pesquisa realizada, verificou-se que a informação de carácter específico como a definição de parâmetros para edifícios em saúde é escassa, no entanto existe um conjunto de informação com recomendações técnicas, que foi elaborado pela Administração Central do Sistema de Saúde, I.P., (ACSS), Instituto Público do Ministério da Saúde e que é disponibilizado no seu portal. O documento é denominado por “Documento com as Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar”, versão de 2011, (RETEH v.2011), e tem como objetivo definir a tipologia da construção hospitalar, com vista a assegurar níveis de qualidade que se pretendem estabelecer para o edifício, instalações, equipamentos e espaços envolventes. Trata das subsecções como a arquitetura, fundações e estruturas, movimentos de terras e contenções, instalações e equipamentos de águas e esgotos, instalações e equipamentos elétricos, instalações e equipamentos mecânicos, equipamento geral, móvel e fixo, segurança integrada, gestão técnica centralizada, heliporto, espaços exteriores, gestão integrada de resíduos e manutenção dos edifícios e espaços exteriores (UONIE/ACSS, 2011).

Este trabalho como tem por base as fachadas dos edifícios, quaisquer dados relativos a paredes e vãos exteriores são relevantes, daí a pesquisa também ser direcionada a dados relacionados com as paredes e vãos exteriores.

No que diz respeito às paredes exteriores e interiores, no ponto 2.13 da subsecção 2.1 – Arquitetura do RETEH v.2011, as recomendações a ter em conta são as transcritas na íntegra conforme a listagem seguinte (UONIE/ACSS, 2011):

- *“Boa drenagem e ventilação no interior e eliminação de riscos de condensações intersticiais;”*

- *“Elevada inércia térmica, adequada para manter estável a temperatura interior;”*
- *“Correção simples ou dupla em elementos estruturais de forma a diminuir o factor de concentração de perda térmica nas zonas heterogéneas;”*
- *“Isolamento adequado das caixas de estores, quando existam;”*
- *“Constituição adequada à satisfação das exigências regulamentares mínimas de comportamento acústico e de segurança contra incêndios, devendo em qualquer circunstância considerar um  $U_{max}=0,90W/m^2 \cdot ^\circ C$  e um  $La \geq 30dB$ , sem prejuízo do cumprimento do RCCTE;”*
- *“Adequado contraventamento entre panos;”*
- *“Quando o revestimento das paredes exteriores for constituído por placas/mosaicos de grandes dimensões devem ser tidos em conta, com particular cuidado, os sistemas de fixação e de ancoragem, dos quais devem ser sempre apresentados documentos de homologação; o mesmo tipo de documentação deve ser apresentado relativamente ao material de preenchimento das juntas entre placas/ mosaicos. Ainda que não constem dos documentos de homologação apresentados deve comprovar-se que os sistemas de fixação e ancoragem podem acomodar as deformações e as forças de inércia devidas à ação sísmica sem perda de capacidade de suporte das placas. O método de cálculo das deformações e forças de inércia devidas à ação sísmica encontra-se descrito nas Especificações Técnicas para o Comportamento Sismo-Resistente de Edifícios Hospitalares - ET05/2007, ACSS;”*
- *“Nas paredes exteriores revestidas a azulejos, placas de cerâmica ou placas de pedra natural devem ser dimensionadas juntas de esquadramento, de largura compatível com as dilatações e contrações de origem higrótérmica que aqueles irão sofrer. O material de preenchimento dessas juntas deve ser objeto de documentos de homologação que comprovem as características de deformabilidade e durabilidade que estes devem ter;”*
- *“Excepto em situações pontuais devidamente justificadas, será de evitar o recurso a monomassas ou rebocos em paredes exteriores, sem outros revestimentos para além da simples pintura;”*
- *“As paredes exteriores devem preferencialmente estar inclusas nos quadros definidos pelos elementos estruturais principais (pilares/paredes resistentes e vigas/lajes);”*
- *“Para evitar a ocorrência de fenómenos de coluna curta devidos à ação sísmica, nos vãos existentes nas paredes exteriores deve evitar-se a ocorrência de aberturas horizontais (vãos rasgados) situados sistematicamente na mesma posição (cota) numa parte significativa da fachada.”*
- *“As paredes interiores devem ter uma constituição adequada à satisfação das exigências regulamentares mínimas de comportamento térmico, acústico e*

*de segurança contra incêndios (quando façam parte de envolventes de um compartimento ou sector de fogo), devendo, em qualquer dos casos, as características relativamente àquelas exigências, ser equivalentes, no mínimo, às de uma parede de tijolo furado de 0,11m de largura, com reboco em ambas as faces (0,15m de espessura no total da parede)."*

- *"O revestimento das paredes interiores deve ter acabamento adequado às exigências funcionais dos compartimentos a que respeitam, nomeadamente quanto à possibilidade de limpeza, conforto táctil e resistência mecânica ao desgaste e aos agentes químicos."*
- *"Não se permite a utilização de revestimentos de paredes interiores que por características da respectiva superfície de acabamento, juntas, natureza dos materiais ou outros aspectos não garantam a capacidade de assepsia correspondente ao local onde são aplicadas."*
- *"Não se permite a utilização de betão aparente em zonas de circulação de doentes, tais como corredores e circulações interiores de núcleos centrais e unidades de internamento, respectivos acessos diretos ou escadas de utilização principal do edifício, nem em áreas de grandes solicitações, como por exemplo oficinas, ou onde haja produtos suscetíveis de contaminar as paredes e obrigar a uma limpeza mais complexa, nem em outros locais com necessidades especiais de limpeza ou assepsia."*
- *"Todas as superfícies de parede interior em alvenaria devem ser rebocadas, mesmo as que ficam nos vãos dos tetos falsos sempre que estes sejam visitáveis ou não selados."*
- *"No caso de existirem paredes no alinhamento de juntas estruturais, aquelas devem ser duplicadas, com um pano de parede levantado de cada lado da junta."*
- *"Quer em paredes interiores, quer em paredes exteriores, deve prever-se a absorção total de equipamentos, tais como carretéis de incêndio, quadros elétricos, negatoscópios, tubos de queda, entre outros."*

No ponto 3 da subsecção 2.13 – manutenção refere-se que *"as condições de durabilidade das paredes envolventes exteriores são de 30 anos."*

Em relação aos vãos exteriores, no ponto 2.19 da subsecção 2.1 – Arquitetura, do RETEH v.2011, as recomendações são as seguintes (UONIE/ACSS, 2011):

- *"As caixilharias dos vãos exteriores devem ser concebidas tendo em atenção o preconizado nas Diretivas UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction) para edifícios desta natureza quanto à permeabilidade ao ar, à estanquidade, à água e à resistência ao vento, pelo que devem ter, no mínimo a qualificação A3V3E3."*
- *"No caso de ser metálico, o acabamento das referidas caixilharias exteriores deve estar certificada com as marcas "QUALICOAT" ou "QUALINOD"."*

- *“No caso de a caixilharia exterior não ser em alumínio, deve ter características de resistência aos agentes atmosféricos equivalente ou superior ao descrito para o alumínio e ser devidamente comprovado em certificado emitido por laboratório independente.”*
- *“Deve ser prevista a limpeza dos envidraçados exteriores em condições de segurança e, sempre que possível, pelo interior. Nestes casos deve haver fixações interiores para os cintos de segurança.”*
- *“Toda a fenestração exterior, embora garantindo a possibilidade de abertura, deve ser provida de fecho com chave ou encravamento mecânico.”*
- *“Sempre que as janelas possam ser abertas para efeitos de ventilação natural deve existir automatismo que desligue o sistema de ar condicionado do local.”*
- *“As janelas devem ter sistemas que permitam o obscurecimento parcial e total dos compartimentos. O cálculo térmico do edifício deve ser independente destes sistemas de obscurecimento.”*
- *“No caso de janelas de compartimentos onde haja longa permanência dos doentes, os vãos exteriores devem possuir sistemas de proteção solar e de obscurecimento.”*
- *“Nos espaços de internamento e em particular nos internamentos especiais, não deve existir iluminação zenital.”*
- *“As portas exteriores de entrada no serviço de urgência e nas entradas gerais devem ser de correr e de abertura automática, prever a existência de grande tráfego e ter proteção mecânica contra o embate de equipamentos rodados.”*

## 3. Avaliação do Conforto Térmico

### 3.1. Introdução

Neste capítulo é apresentada uma revisão da literatura das normas ISO 7730 (2005), ASHRAE 55 e EN15251 (2006), passando por subtemas como o conforto térmico, a regulação térmica do ser humano, parâmetros individuais e ambientais, voto médio previsível e percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente, temperatura do ar, humidade relativa e, humidade absoluta, uma vez que serviu de base para a concretização do inquérito realizado sobre o conforto e que é apresentado neste capítulo no ponto 3.3.

### 3.2. Resumo das Normas ISO 7730 (2005), ASHRAE 55 e EN15251 (2006)

A norma ISO 7730 de 2005, considera que um determinado espaço tem condições de conforto térmico quando menos do que 10% dos seus ocupantes se sentem desconfortáveis (ANSI\_7730, 2005).

A quantificação da percentagem de desconforto foi feita através de estudos que envolveram um determinado número de pessoas num determinado espaço. Estes estudos permitiram estabelecer uma relação entre o resultado do balanço energético do corpo humano e a tendência de insatisfação, designada por percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied) (ANSI\_7730, 2005).

A metodologia de cálculo consiste nos seguintes pontos:

- a) Quantificação dos parâmetros individuais e ambientais das pessoas e do ambiente.
- b) Aplicação da Equação de Conforto, com substituição das variáveis na equação para a determinação do termo associado à acumulação energética no corpo S.
- c) Com base no valor da acumulação energética no corpo S e no metabolismo determina-se o valor de voto médio previsível (PMV - Predicted Mean Vote) através de uma correlação. O PMV não é mais do que uma escala quantitativa da sensação de calor e de frio relativamente a um determinado espaço, e são considerados sete níveis, idênticos aos da norma ASHRAE 55.
- d) A percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD), é determinada com base no valor de PMV através de uma correlação.

A norma Europeia EN15251, especifica os parâmetros ambientais em ambientes fechados para a construção de sistemas de climatização e cálculos de desempenho

energético, abordando a qualidade do ar interior, conforto térmico, iluminação e acústica. Aplica-se em edifícios de habitação unifamiliar, apartamentos, escritórios, escolas, hospitais, hotéis e restaurantes, instalações desportivas, comércio grossista e retalhista e edifícios de serviços. Esta norma estabelece quatro categorias de conforto em função do grau de exigência associado ao edifício, de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4 - Categorias de Conforto definidas pela EN15251 (2006)**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
I	Mais exigente. Elevado nível de expectativa. Recomendada na concepção de edifícios onde se pretenda atingir um nível de conforto térmico muito elevado ou em edifícios com requisitos especiais (com ocupantes sensíveis ou frágeis como doentes, crianças ou idosos).
II	Nível de expectativa normal. Recomendada na concepção de novos edifícios e na reabilitação.
III	Nível de expectativa aceitável e moderado. Pode ser usado em edifícios existentes.
IV	Valores fora dos critérios descritos nas categorias anteriores. A gama de temperaturas caracteriza-se por um elevado número de pessoas descontentes. Só será aceitável durante uma pequena parte do ano.

A categoria I implica um controlo mais rigoroso do que as restantes categorias, por consequência, existe uma elevada utilização de energia e por ser a categoria mais exigente, esta é utilizada apenas em hospitais, salas de operações e locais ocupados por pessoas frágeis como doentes, crianças e idosos. A categoria II, é definida para ser aplicada em todas as novas construções e na reabilitação, é menos exigente que a categoria I. Para edifícios existentes, a categoria III é a que se aplica, é menos exigente que a categoria II. A categoria IV, apenas deverá ser aceite numa parte do ano, como não existe imposição para esta categoria de requisitos, ou seja, atinge-se a categoria IV quando os valores estão fora dos critérios das categorias anteriores.

Os critérios para o ambiente térmico, no caso de edifícios com ventilação mecânica, são baseados nos índices de conforto térmico PMV-PPD, apresentados no ponto 3.2.4, as letras I, II e III da EN15251 correspondem às letras A, B e C da ISO 7730 (2005), da Tabela 8.

### **3.2.1.0 Conforto térmico**

O conforto térmico é o estado da mente que expressa a satisfação do ser humano com o ambiente térmico que o circunda. O conforto térmico segundo as normas, depende de fatores como o metabolismo do ser humano, o tipo de vestuário, o nível atividade, a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a humidade relativa do ar (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997). Na Figura 1 é apresentada uma zona de conforto na carta psicrométrica e que será explicada no ponto 3.2.6.

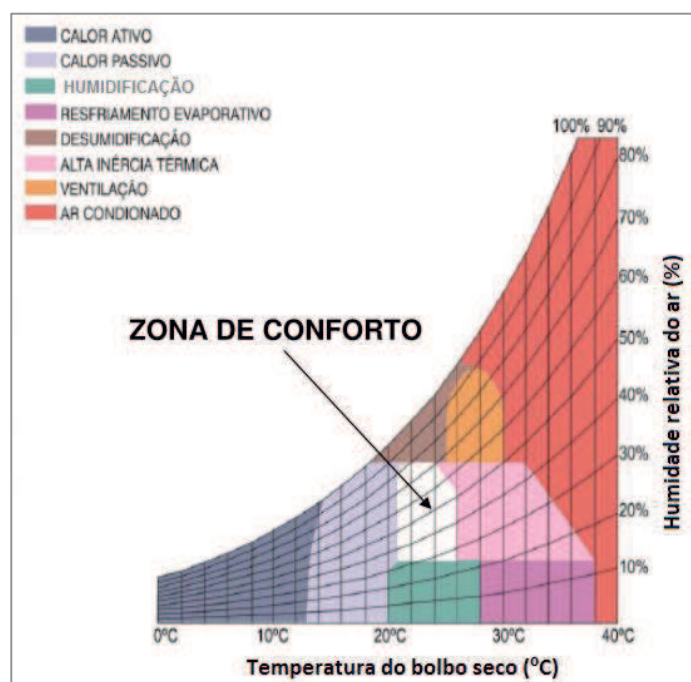


Figura 1 - Exemplo de uma carta psicrométrica com definição da zona de conforto (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997).

### 3.2.2. A regulação térmica do ser humano

Cada pessoa tem um metabolismo diferente, no entanto existem zonas de respostas fisiológicas comuns, ou seja, todas as pessoas têm a temperatura corporal semelhante, praticamente constante entre 36°C e 37°C. A temperatura corporal depende do processo de regulação térmica do ser humano, conforme a Figura 3. A temperatura corporal é diferente da temperatura que é sentida com o ambiente que o rodeia (Lamberts, 2011).

A insatisfação com o ambiente térmico pode ser causada pela sensação de desconforto por calor ou frio quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

Na Figura 2 são indicadas as zonas de respostas fisiológicas. Como se pode verificar, a temperatura corporal abaixo dos 31°C e acima de 43°C poderá dar origem a uma situação letal. No caso de ser abaixo dos 28°C, o sujeito poderá ter graves problemas cardíacos e de arritmia, e se for acima de 46°C, poderá ter danos cerebrais irreversíveis. Pelo que é importante ter um bom controlo térmico, mas para tal também é essencial proporcionar condições exteriores tais, para que o corpo humano utilize o mínimo possível os mecanismos de regulação térmica.

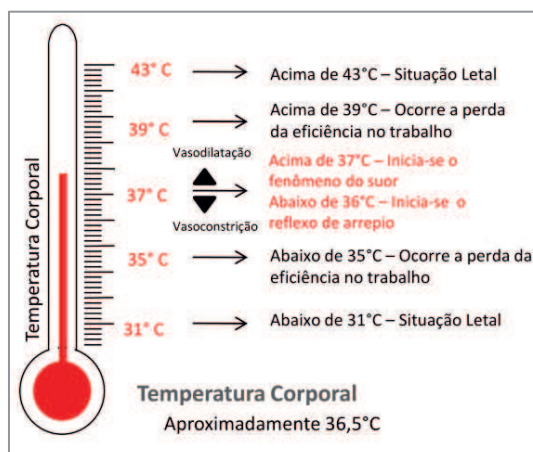


Figura 2 - Zonas de respostas fisiológicas, adaptado de Roberto Lamberts

O hipotálamo é o órgão central que controla a temperatura do corpo humano e está localizado no cérebro, ver Figura 3. Contém sensores para temperaturas frias e quentes e é banhado por sangue arterial. Como a taxa de recirculação de sangue no corpo é rápida e o sangue que retorna é todo misturado no coração antes de retornar ao corpo, o sangue arterial é um indicativo da temperatura média do corpo. O hipotálamo também recebe informação térmica de sensores de temperatura localizados na pele e em outros órgãos (Silva, 2006).

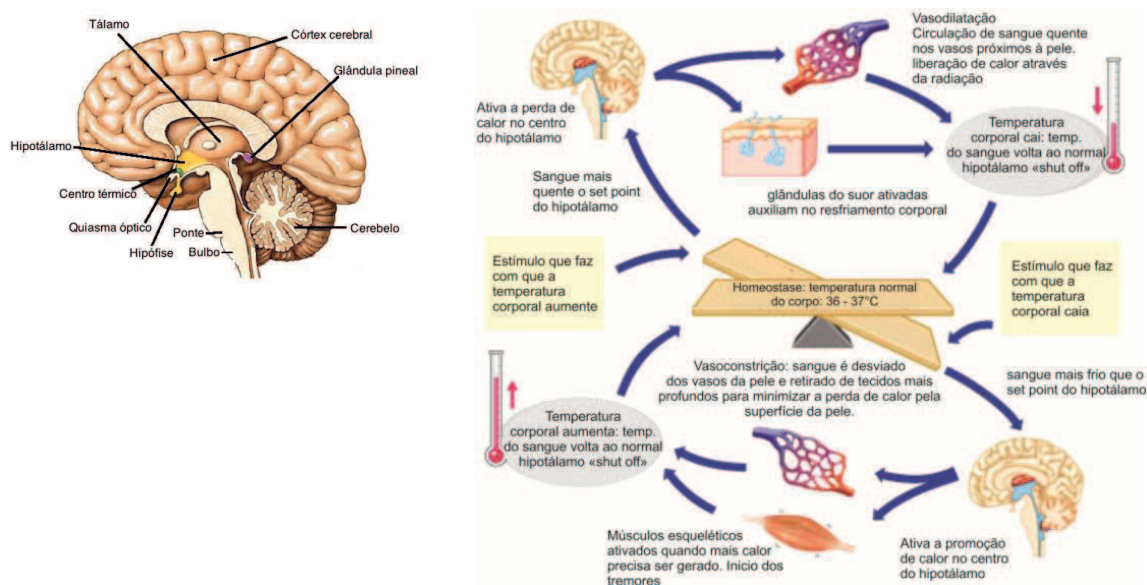


Figura 3- Localização do hipotálamo no cérebro e processo regulação térmica do corpo humano - adaptado de Roberto Lamperts.

A regulação térmica do corpo humano depende da energia produzida no interior do corpo e das perdas térmicas para o exterior. As atividades metabólicas do corpo humano resultam quase sempre em calor, que é constantemente dissipado e ajustado

para manter temperaturas normais no corpo. Uma perda insuficiente de calor leva ao sobreaquecimento, é um processo denominado de hipertermia. Uma perda excessiva de calor resulta no resfriamento do corpo, neste caso o processo é denominado por hipotermia (Silva, 2006).

O calor gerado pelo organismo pode variar de 100W a 1.000W. Uma parte desse calor gerado é necessário para o funcionamento fisiológico do organismo e a outra parte é gerada devido ao desempenho das atividades externas, sendo que essa geração deve ser dissipada para que não haja um superaquecimento do corpo, já que o mesmo é homotérmico. Para que exista conforto térmico no desempenho das atividades, deverão existir pequenas oscilações na temperatura interna, no entanto em situações mais extremas, admitem-se variações um pouco maiores, para evitar perigos do stress térmico (Silva, 2006).

Assim, pode-se afirmar que as atividades desempenhadas pelo ser humano geram calor ao corpo, mas deve ser dissipado para o ambiente para que não acarretar um aumento exagerado da temperatura interna e para que seja mantido o equilíbrio térmico do corpo. Essa dissipação dá-se através de mecanismos de trocas térmicas, que podem ser observados na Figura 4.

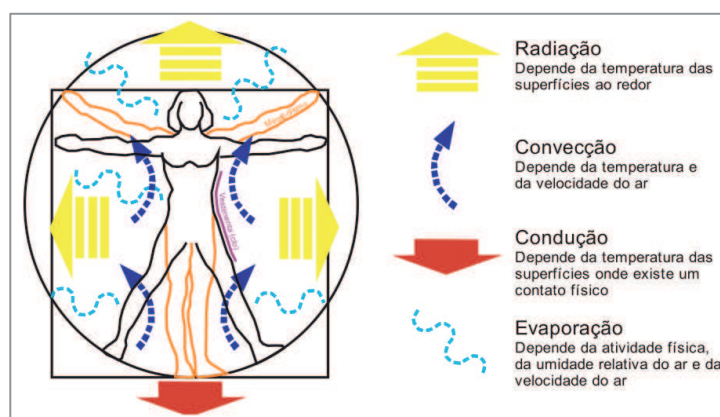


Figura 4 - Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas (Lamberts, 2011).

### 3.2.3. Parâmetros individuais e ambientais

O calor produzido por um adulto em repouso é da ordem de 100 W, devido à maior parcela deste calor ser transferida para o ambiente através da pele, como referido anteriormente. As perdas são efetuadas através da pele e da respiração (Águas, 2000).

A produção de calor é um dos principais resultados do metabolismo. Assim é pertinente determinar a atividade metabólica em termos da produção de calor por unidade de área da pele, unidade denominada por *met*. Por exemplo um indivíduo adulto em repouso, com aproximadamente 1,8 m<sup>2</sup> de área corporal tem a unidade *met* correspondente a aproximadamente 58W/m<sup>2</sup> (Águas, 2000).

A relação entre a atividade e o metabolismo é apresentada na Tabela 5 com valores de metabolismo para as diversas atividades. Estes valores são expressos em  $W/m^2$ . A forma simplificada para a análise do metabolismo, é considerar que 1 *met* corresponde ao metabolismo de uma pessoa sentada a descansar, ou seja 1 *met* =  $58,15 W/m^2$  (Águas, 2000).

**Tabela 5** - Valores de metabolismo para várias atividades.

Tipo de atividade	Metabolismo (W/pessoa)	Metabolismo (met)	Metabolismo ( $W/m^2$ )
Deitado	85	0,8	47
Sentado a descansar	104	1,0	58
Atividade sedentária	126	1,2	70
Em pé, atividade leve	167	1,6	93
Em pé, atividade média	210	2,0	117
Grande atividade	315	3,0	175

A forma mais completa de descrever os efeitos do ambiente térmico sobre o corpo humano é com base na equação de balanço de energia. Na equação (1) são considerados todos os parâmetros ambientais, as medidas do corpo humano e as características de comportamento como a atividade e o vestuário (Águas, 2000).

$$S = M_c - W \pm R \pm C \pm K - E \pm R_{es} \quad (1)$$

Em que:

- $S$  = taxa total de calor armazenado no corpo;
- $M_c$  = taxa metabólica de produção de calor;
- $W$  = energia pelo trabalho realizado;
- $R$  = trocas por radiação com o ambiente;
- $C$  = trocas por convecção com camadas de ar;
- $K$  = trocas por condução através do vestuário;
- $E$  = perdas por evaporação através do suor;
- $R_{es}$  = trocas de calor húmido e seco na respiração.

Na Figura 5, é mostrado um diagrama da interação térmica do corpo humano com o ambiente em que este se encontra.

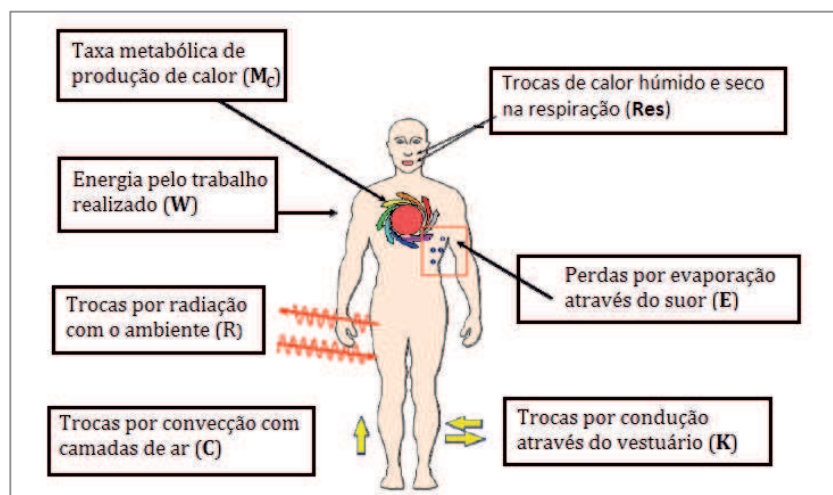


Figura 5 - Equilíbrio térmico do corpo humano, adaptado de (Silva, [s.d.]).

O vestuário também tem influência nas trocas de calor, é caracterizado através da sua resistência térmica, nas unidades  $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ . À semelhança do metabolismo, o vestuário apresenta uma unidade própria, o *clo*, que corresponde à resistência térmica de  $0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ . A Tabela 6 indica algumas resistências térmicas para diferentes tipos de vestuário (Águas, 2000).

Tabela 6 - Resistência térmica do vestuário (Águas, 2000)

Vestuário	Resistência térmica (clo)	Resistência térmica ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )
Nu	0	0
Calções	0,1	0,016
Vestuário tropical	0,3	0,047
Vestuário leve de verão	0,5	0,078
Vestuário de trabalho	0,7	0,124
Vestuário de inverno	1,0	0,155
Fato completo	1,5	0,233

### 3.2.4. Voto médio previsível (PMV) e percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD)

Nos estudos de conforto térmico são considerados os parâmetros subjetivos, que correspondem aos votos de sensações e preferências térmicas das pessoas em relação ao ambiente, recolhidos a partir de tabelas normalizadas, ver Tabela 7. As sensações térmicas representam o estado psicológico das pessoas em relação ao ambiente térmico a partir das suas perceções relativas ao conforto térmico (ANSI\_7730, 2005).

As preferências térmicas representam o estado fisiológico das pessoas em relação ao ambiente térmico, e são recolhidos dados a partir de suas preferências em relação ao conforto térmico. A escala normalmente utilizada em estudos de conforto térmico também é a escala de sete pontos de preferência térmica da norma. A tabela 6 demonstra as escalas de sete níveis quer para a perceção térmica quer para a preferência térmica (ANSI\_55, 2004).

Tabela 7 - Escalas de percepção e de preferência térmica.

Percepção	Escala	Preferência	Escala
Com muito calor	+3	Bem mais quente	+3
Com calor	+2	Mais quente	+2
Levemente com calor	+1	Um pouco mais quente	+1
Neutro (nem calor, nem frio)	0	Assim mesmo	0
Levemente com frio	-1	Um pouco mais frio	-1
Com frio	-2	Mais frio	-2
Com muito frio	-3	Bem mais frio	-3

O PMV é um índice que prevê o valor médio de um grande grupo de pessoas segundo uma escala de sensações de sete pontos. Esse índice pode ser determinado quando a atividade (taxa metabólica) e o vestuário (resistência térmica) são conhecidos, e os parâmetros físicos são medidos, tais como: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e humidade do ar, conforme previsto e pode ser determinado segundo a equação seguinte (ANSI\_7730, 2005).

$$PMV = (0,303 \times e^{-2,1 \times M} + 0,028) \times [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}] \quad (2)$$

Em que:

$M$  = taxa de metabolismo, ( $W/m^2$ );

$W$  = trabalho efectivo, ( $W/m^2$ );

$H$  = perdas de calor sensível;

$E_c$  = troca de calor por evaporação sobre a pele;

$C_{res}$  = troca de calor por convecção em respirar;

$E_{res}$  = troca de calor por evaporação na respiração;

As variáveis  $H$ ,  $E_c$ ,  $C_{res}$  e  $E_{res}$  correspondem à troca de calor entre o corpo e o ambiente circundante e são calculadas pelas equações (3) a (6).

$$H = 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (3)$$

$$E_c = 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] \quad (4)$$

$$C_{res} = 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \quad (5)$$

$$E_{res} = 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) \quad (6)$$

$$\frac{t_{sk} - t_{cl}}{l_{cl}} = 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (7)$$

$$t_{cl} = t_{sk} - l_{cl} \times 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{eq} + 273)^4] - l_{cl} \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_{eq}) \quad (8)$$

$$t_{sk} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) \quad (9)$$

Onde:

$l_{cl}$  = o isolamento de roupas ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );

$f_{cl}$  = fator de área do vestuário;

$t_a$  = temperatura do ar ( $^\circ C$ );

$t_r$  = temperatura radiante média ( $^\circ C$ );

$p_a$  = pressão parcial de vapor de água (Pa);

$t_{cl}$  = temperatura da superfície do vestuário ( $^\circ C$ );

$t_{sk}$  = temperatura da pele ( $^\circ C$ ).

O principal problema na aplicação do método de cálculo é de que a variável correspondente à temperatura exterior de vestuário  $t_{cl}$  é desconhecida. Esta temperatura deve ser determinada por um processo iterativo, a partir de uma equação resultante e a partir de um balanço térmico estabelecido para a camada de roupa, de acordo com as equações (7) e (8). Considera-se em regime de estado estacionário, o fluxo de calor transmitido por condução através da mesma roupa, da camada interior até à camada exterior, é igual à soma da troca de calor por convecção e por radiação com o ambiente circundante. A Figura 6 demonstra o equilíbrio térmico da camada de roupa em regime de estado estacionário (Águas, 2000).

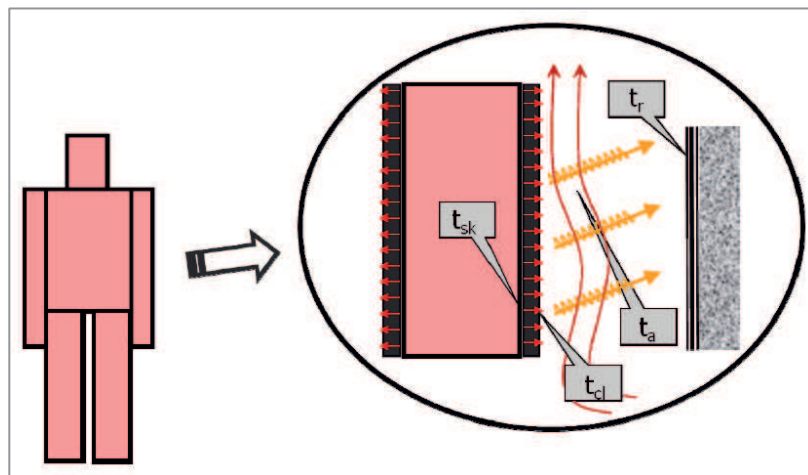


Figura 6 - Equilíbrio térmico da camada de roupa, em um regime de estado estacionário, adaptado de (Silva, [s.d.] )

O PPD determina a previsão da percentagem de pessoas insatisfeitas com as condições térmicas ambientes, ou seja, fora da escala entre +1 e -1, pode ser determinado com base no PMV através da equação (10) (Lamberts, 2011).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2279 \times PMV^2)} \quad (10)$$

Na norma anterior (7730/1984), o índice PPD devia ser inferior a 10%, o que correspondia impor ao índice PMV variar entre -0,5 e +0,5.

Na versão atual da norma (7730/2005), são definidos 3 níveis de acordo com a Tabela 8, (Lamberts, 2011).

Na Figura 7 é demonstrada a percentagem previsível de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio previsível (PMV).

Tabela 8 - Categorias de ambiente térmico, (Lamberts, 2011)

Categoria	Estado térmico do corpo como um todo			Desconforto		
	PPD (%)	PMV	DR (%)	diferença de temperatura do ar vertical (%)	Causado por piso quente ou frio (%)	assimetria radiante (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

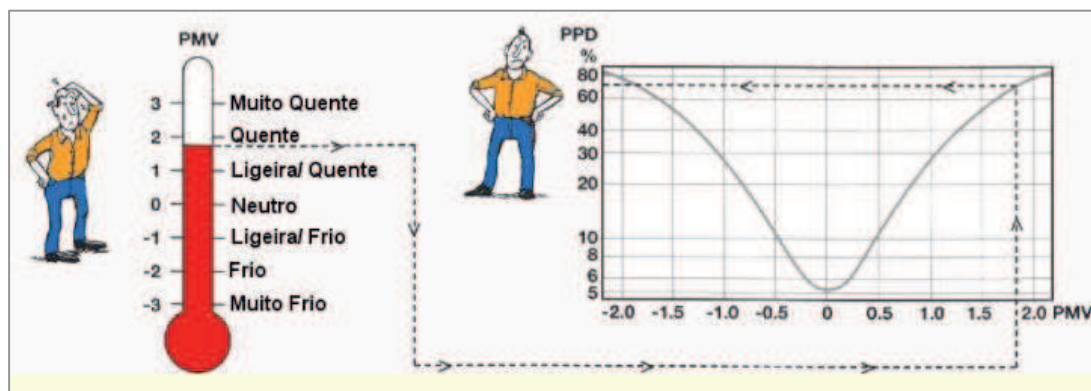


Figura 7 - Percentagem previsível de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio previsível (PMV), (Abrantes, 2012)

### 3.2.5. Temperatura do ar

A principal variável do conforto térmico é a temperatura do ar. A sensação de conforto baseia-se nos mecanismos de regulação térmica do corpo e nas perdas de calor entre a pele e o ar. A produção de calor pelo metabolismo e as perdas são menores quando a temperatura do ar é alta e são maiores quando a temperatura do

ar for baixa. Se for medida a temperatura entre dois pontos no espaço ambiente, verificar-se-á que existe uma diferença. Esta diferença provoca movimentos de ar, ou seja, o ar quente torna-se mais leve e sobe, enquanto o ar mais frio desce, a este processo denomina-se por convecção natural (Lamberts, 2005).

### 3.2.6. Humidade relativa, humidade absoluta e a Carta Psicrométrica

A quantidade de vapor contido no ar permite determinar a humidade. O vapor forma-se pela mudança do estado líquido para gasoso, processo denominado por evaporação da água. Para uma determinada temperatura, o ar só pode conter uma certa quantidade de vapor de água e no caso de atingir o valor máximo, o ar fica saturado. Quando este valor é ultrapassado, ocorrem condensações, ou seja, o vapor excedente passa para o estado líquido (Lamberts, 2011).

A velocidade e a humidade do ar têm interferência na perda de calor por evaporação. Como aproximadamente 25% da energia térmica gerada pelo organismo é eliminada sob a forma de calor latente (10% por respiração e 15% por transpiração) torna-se importante que as condições ambientais favoreçam estas perdas (Lamberts, 2011).

Quando a temperatura do meio ambiente aumenta, mais difícil são as perdas por convecção e radiação, ou seja, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação. Quanto maior for a humidade relativa, menor será a evaporação, o que torna muito importante uma ventilação adequada.

Se a temperatura do ar for superior à da pele, irá receber energia sob a forma de calor por convecção, por outro lado, é produzido um efeito contrário, uma vez que a circulação do ar aumenta as perdas por evaporação.

Se o ar estiver saturado, a evaporação torna-se quase impossível e deixa de haver trocas mas a produção de calor mantém-se. Por outro lado, se o ar estiver seco, existirão perdas mesmo com temperaturas mais altas.

A humidade absoluta ou específica ( $H_a$ ) representa o peso de vapor de água que é contido numa unidade de massa de ar, conforme a equação (11). A humidade relativa ( $H_r$ ), define a relação entre a humidade absoluta do ar e a humidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura (Lamberts, 2011).

$$H_a = \frac{m_v}{m_a} \quad (11)$$

Onde:

$H_a$  = humidade absoluta;

$m_v$  = vapor de água contida numa unidade de massa de ar, (kg vapor de água);

$m_a$  = massa de ar seco, (kg ar seco).

A carta psicrométrica consiste na representação gráfica das propriedades do ar atmosférico, é uma ferramenta de cálculo bastante utilizada em situações de engenharia.

Através da carta psicrométrica, pode-se obter a humidade relativa do ar tendo em conta as temperaturas de bolbo húmido (TBH) e temperatura de bolbo seco (TBS).

Também é possível determinar o ponto de saturação ou ponto de orvalho, conforme Figura 8a.

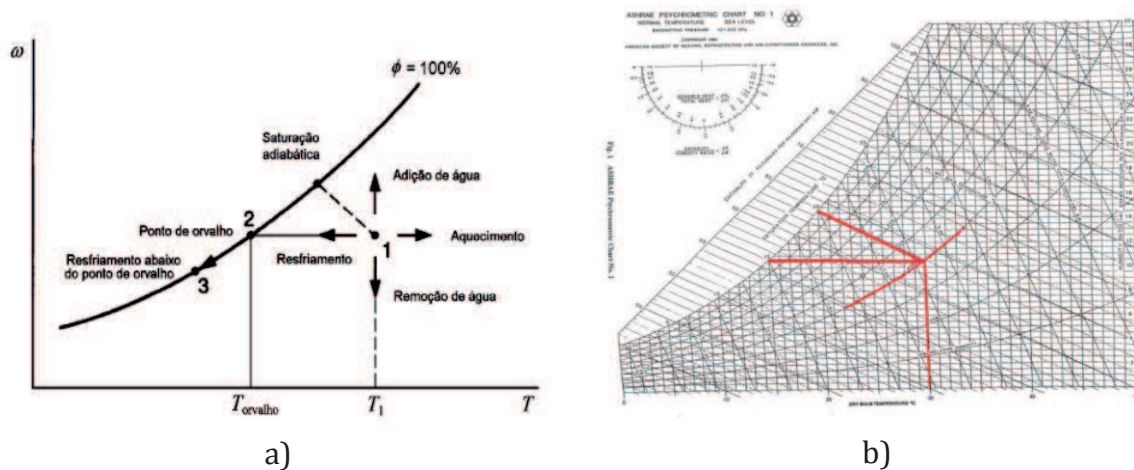


Figura 8 - a) Temperatura do ponto de orvalho. b) Carta psicrométrica para climas no nível do mar. TBS = 30°C, TBH = 20°C, Hr = 40%, adaptado de (Lamberts, 2005).

Por exemplo com uma temperatura de ar seco de 30°C e uma humidade relativa de 40% obtém-se a temperatura de saturação de 20°C e de orvalho de 15°C para a carta psicrométrica da Figura 8b.

### 3.3. Inquérito sobre o Conforto térmico, acústico e de iluminação na ULS

Neste trabalho ainda foi realizado um inquérito sobre o conforto interior aos profissionais de saúde dos edifícios em estudo, entre o início do mês de novembro de 2013 e o final do mês maio de 2014, depois de autorizado pelo Exmo. Sr. Presidente do Conselho de Administração da Unidade Local de Saúde de Castelo Branco, E.P.E..

O mesmo serviu para caracterizar as condições interiores dos edifícios de saúde em estudo, uma vez que nunca foi realizado algo do género na ULS.

Para o efeito foi utilizada a plataforma interna da ULS, sendo que os inquéritos foram preenchidos pelos profissionais considerando-se as condições nos seus postos de trabalho.

A plataforma usada para a realização do mesmo foi o “LimeSurvey versão 2.00+ Build 131202”, que usa uma linguagem de programação e base de dados (*php e mysql*). Todas as configurações, desenho, definição de questões e opções, e colocação do inquérito na plataforma interna da ULS foram realizadas no âmbito do presente trabalho. O acesso ao mesmo foi disponibilizado internamente e era através do endereço seguinte: <http://questionarios.hal.min-saude.pt>, conforme a Figura 9.

O inquérito continha cinco grupos principais, que se subdividiam em questões que se entenderam pertinentes colocar aos profissionais de saúde dos diversos edifícios.

Cada questão teve por base uma pesquisa aprofundada de outros inquéritos já realizados no Brasil por parte do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), com o objetivo de analisar o conforto térmico. Neste inquérito para além do conforto térmico, foram ainda incluídas questões relativas ao conforto visual e acústico, bem como sugestões de melhorias.

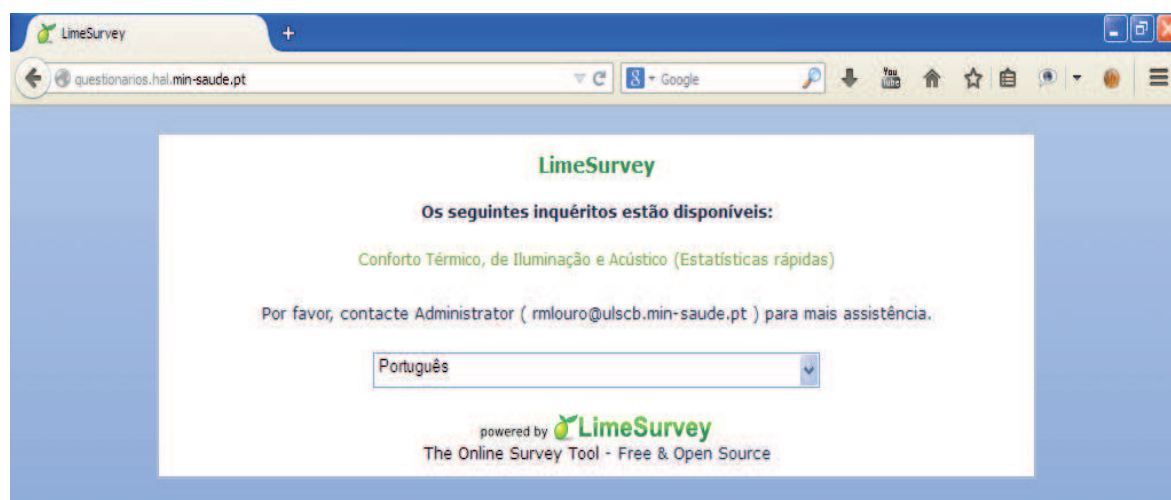


Figura 9 - Página principal para acesso ao inquérito na plataforma intranet da ULS através do endereço [questionarios.hal.min-saude.pt](http://questionarios.hal.min-saude.pt)

Os cinco grupos de perguntas que definem a estrutura do inquérito são os seguintes:

- 1º grupo – Inquirido
- 2º grupo – Conforto Térmico
- 3º grupo – Conforto de Iluminação
- 4º grupo – Conforto Acústico
- 5º grupo – Melhorias

Para os grupos 2 a 5, teve-se sempre a preocupação de realizar questões relacionadas com as fachadas (envolvente opaca exterior vertical).

Os resultados foram obtidos até à data de 31 de maio de 2014, perfazendo um total de 335 inquéritos válidos e 54 considerados nulos, sendo estes devido ao facto de terem dados incompletos porque a configuração do *LimeSurvey* admitia adicionar um inquérito apenas com tentativa de o realizar e sem submetê-lo. Os inquéritos serão apresentados neste ponto (3.3) através de tabelas e figuras em pormenor segundo cada grupo.

A divulgação do inquérito foi realizada através da página interna da ULS e através de correspondência interna a todos os funcionários, recorrendo-se ao correio eletrónico.

Como não podia deixar de ser, antes de prosseguir com o inquérito, era apresentada uma página de boas vindas aos profissionais, com uma breve explicação do inquérito e a que se destinava, conforme a Figura 10.



Figura 10 - Página de boas vindas ao inquérito.

Antes de demonstrar os resultados, é conveniente conhecer o universo da ULS em termos de funcionários e o horário de funcionamento. Na Tabela 9 são indicados, à data de 26 de maio de 2014, o número de funcionários de cada instituição bem como o horário de funcionamento.

**Tabela 9** - Número de funcionários de cada instituição da ULS à data de 26-05-2014, fonte Recursos Humanos da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	HORÁRIO FUNCIONAMENTO horas/dia	HORÁRIO FUNCIONAMENTO dias/ano	HORÁRIO FUNCIONAMENTO horas/ano	N.º DE FUNCIONÁRIOS	TORNOS DE 8HORAS
BIS	HAL	24	365	8.760	896	3
	CS S. MIGUEL	12	261	3.132	88	1,5
	CS S. TIAGO	12	261	3.132	58	1,5
	CS IDANHA-A-NOVA	16	365	5.840	37	2
	CS PENAMACOR	16	365	5.840	22	2
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	8	261	2.088	10	1
PIS	CS OLEIROS	16	365	5.840	22	2
	CS PROENÇA-A-NOVA	16	365	5.840	32	2
	CS SERTÃ	16	365	5.840	55	2
	CS VILA DE REI	12	261	3.132	14	1,5

No grupo inquirido foram colocadas questões que caracterizam os profissionais de saúde, começando pela idade, sexo, altura, peso, categoria profissional, local de trabalho e tempo de serviço.

Uma vez que as questões estão relacionadas com o local de trabalho, são demonstrados dados relativos apenas ao HAL e outros dos centros de saúde no seu conjunto, por se tratar de edifícios com funções distintas, um com internamento (HAL) e outros sem internamento (centros de saúde), sendo estes dois grupos de sectores distintos.

O quadro resumo, conforme a Tabela 10, demonstra a demografia da ULS em termos de profissionais pelos dois sectores atrás descritos (um com internamento e o outro sem internamento). E a Figura 11 demonstra os profissionais por género dos sectores seleccionados.

**Tabela 10** - Demografia dos profissionais da ULS.

SECTOR	Nº INQUÉRITOS VÁLIDOS	IDADE			INDIVÍDUOS POR SEXO		ALTURA EM cm			PESO EM kg		
		MIN	MÉDIA	MÁX	MASCULINO	FEMININO	MÍN	MÉDIA	MÁX	MÍN	MÉDIA	MÁX
COM INTERNAMENTO HOSPITAL	154	17	43,34	61	60	94	150	167	200	45	68,37	99
SEM INTERNAMENTO CENTROS DE SAÚDE	181	25	46,48	62	39	142	130	163,88	180	47	67,22	105
HOSPITAL E CENTROS DE SAÚDE	335	17	45,04	62	99	236	130	165,32	200	45	67,75	105

A seguir são apresentados alguns quadros e gráficos com os resultados da aplicação do inquérito.

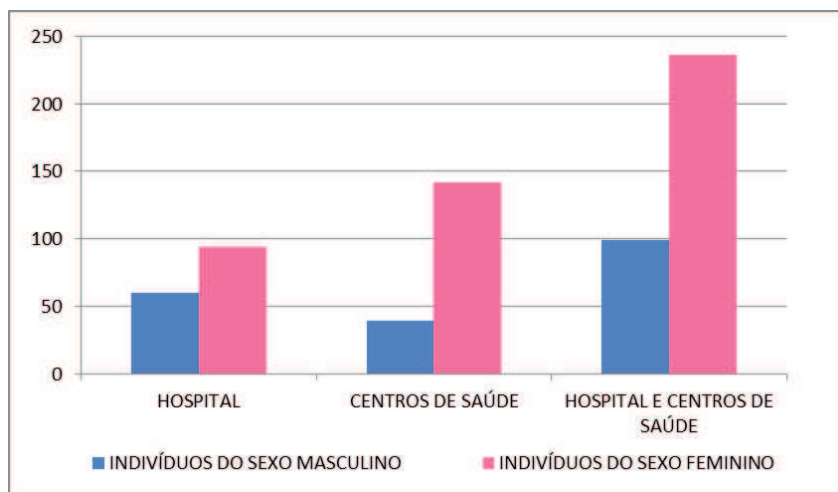


Figura 11 - Profissionais da ULS por género de cada sector Hospital e Centros de Saúde.

Ainda dentro do grupo de questões realizadas aos inquiridos, foram colocadas questões em relação à categoria profissional e ao tempo de serviço, como se pode observar através da Figura 12.

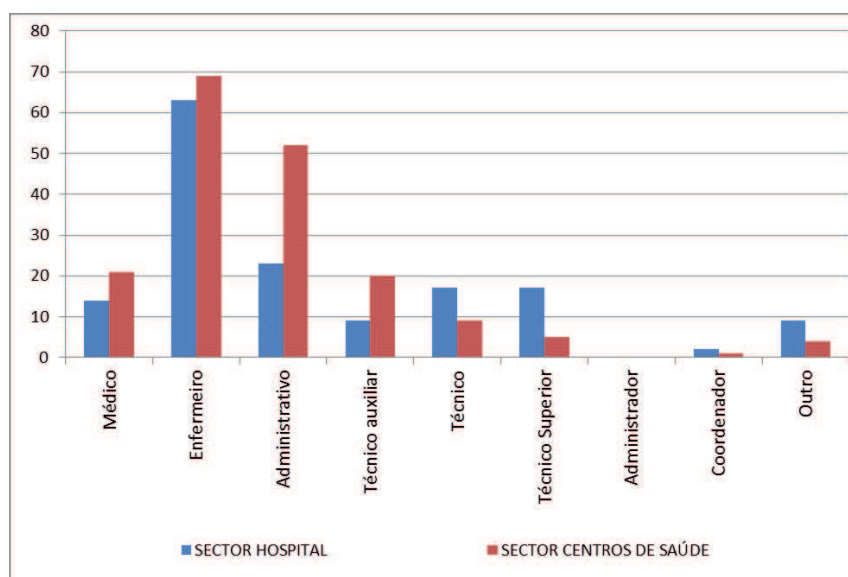


Figura 12 - Número de profissionais da ULS por categorias e por sectores Hospital e Centros de Saúde.

Note-se que deste inquérito, os enfermeiros foram os que responderam em maior número para os dois sectores, tanto para o hospital como para os centros de saúde.

Dentro do segundo grupo de questões, que dizem respeito ao conforto térmico, os funcionários foram questionados quanto à distância do seu posto de trabalho com uma parede exterior e a uma janela de abrir (menos de 3m).

Como se pode observar pela Figura 13, a maioria dos inquiridos respondeu que estão próximos com uma parede exterior a menos de 3m e a uma janela exterior com possibilidade de abrir a menos de 3m.

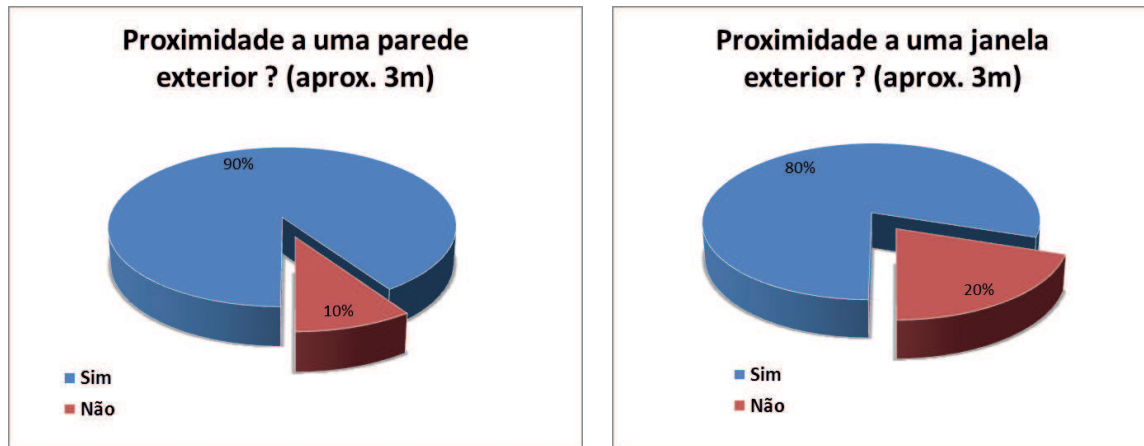


Figura 13 - Respostas pela proximidade a uma parede e janela exterior a menos de 3m.

Neste grupo ainda foram colocadas outras questões com possibilidade de escolha múltipla, tendo em conta os dispositivos que estão ao alcance para controlar a temperatura no local de trabalho e os resultados obtidos foram os constantes da Figura 14.

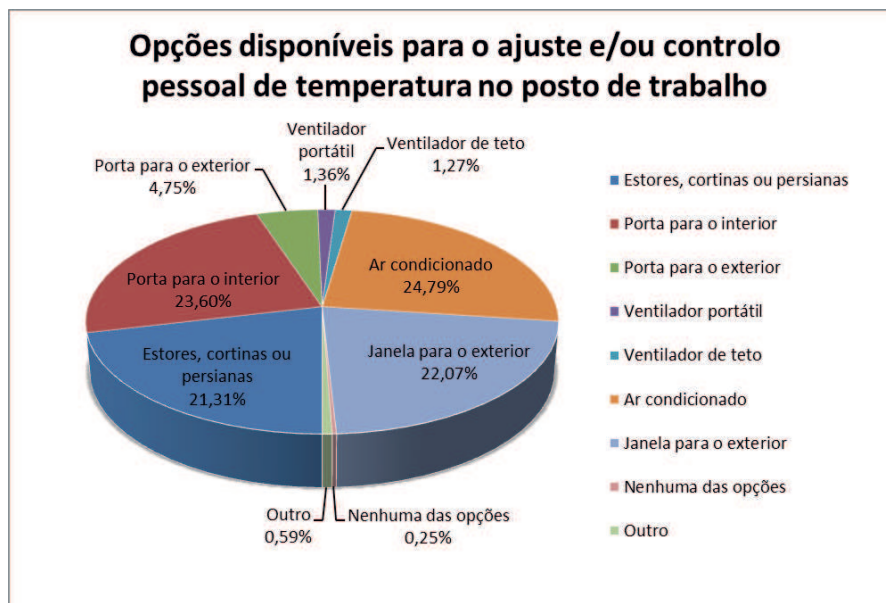


Figura 14 - Respostas em relação aos dispositivos que estão ao alcance para controlo da temperatura nos postos de trabalho.

Os aparelhos de ar condicionado ainda são os equipamentos mais referenciados como disponíveis nos postos de trabalho dos profissionais e com controlo de temperatura, no entanto notam-se outros três grupos, sendo eles as portas no interior, seguindo-se as janelas para o exterior e finalmente as cortinas, estores ou persianas.

Com base na escala de sete níveis de perceção térmica de acordo com a norma ISO 7730, foram colocadas questões aos profissionais em relação ao conforto térmico no seu posto de trabalho. De um modo geral, os profissionais sentem-se satisfeitos em relação à temperatura nos seus postos de trabalho, a Figura 15 ilustra as respostas. Salienta-se que nem todos os profissionais têm um posto de trabalho fixo, pelo que foi solicitado o preenchimento de mais inquéritos tendo em conta o número de posto de trabalho por indivíduo.

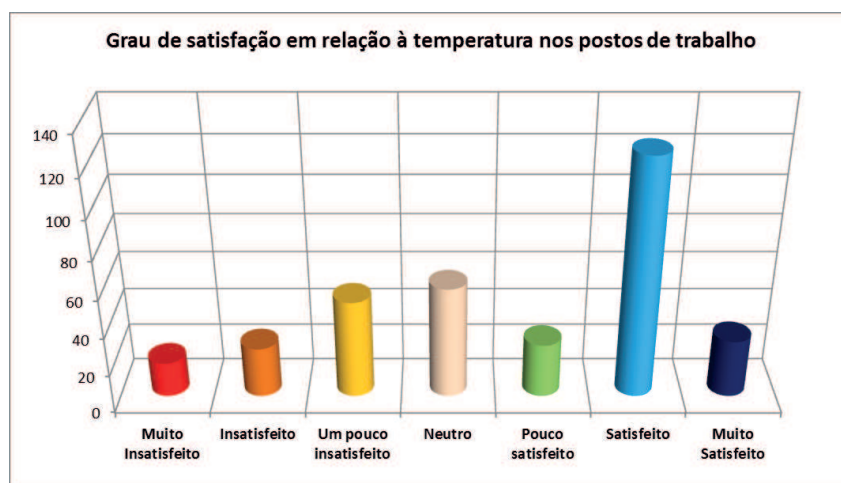


Figura 15 - Respostas do grau de satisfação em relação à temperatura nos postos de trabalho.

Pelo gráfico anterior, pode-se observar que talvez a questão não tenha sido bem interpretada, uma vez que existe um salto significativo entre o “pouco satisfeito” e o “satisfeito”. Uma explicação possível poderá ser que a classificação “pouco satisfeito” do lado positivo tenha sido interpretada de forma similar com “um pouco insatisfeito” do lado negativo.

Em relação à temperatura, ainda foram colocadas questões que diferenciavam a estação do verão e do inverno, também com a adoção de uma escala de sete níveis.

Assim para o Hospital, sendo um edifício com internamento, os resultados são apresentados, para as temperaturas e bem-estar, na Figura 16 para o verão e na Figura 17 para o inverno.

E para os Centros de Saúde, as respostas obtidas permitem aferir os resultados apresentados para as temperaturas e bem-estar na Figura 18 para o verão e na Figura 19 para o inverno.

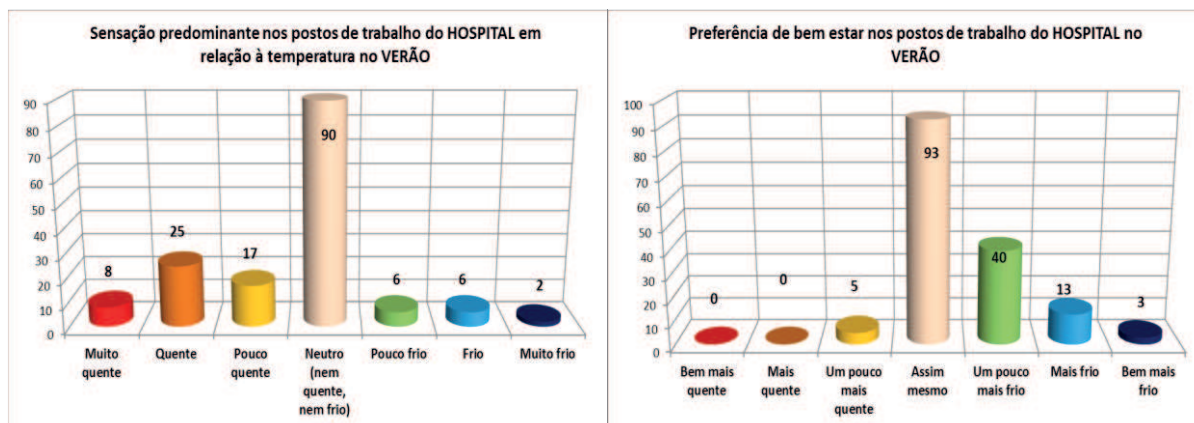


Figura 16 - Respostas em relação à temperatura no verão apenas para o Hospital

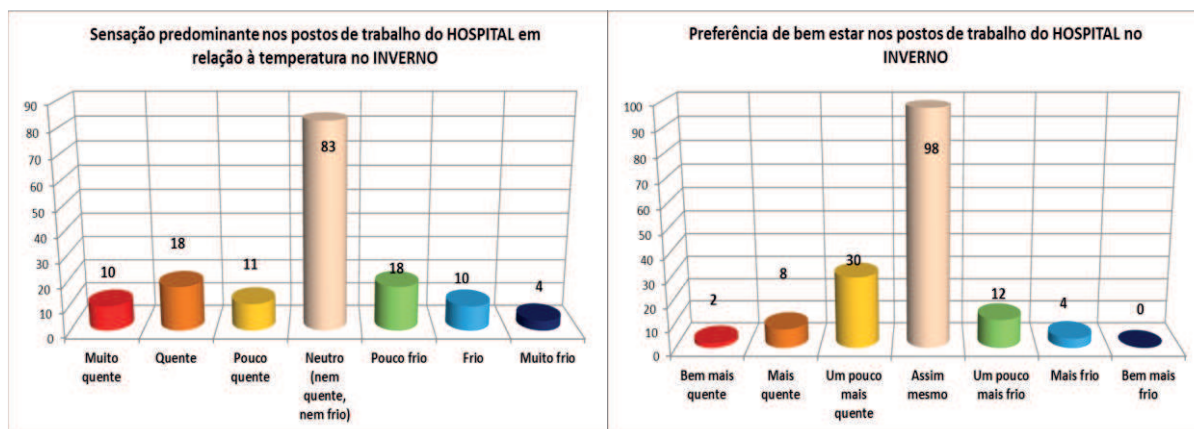


Figura 17 - Respostas em relação à temperatura no inverno apenas para o Hospital.

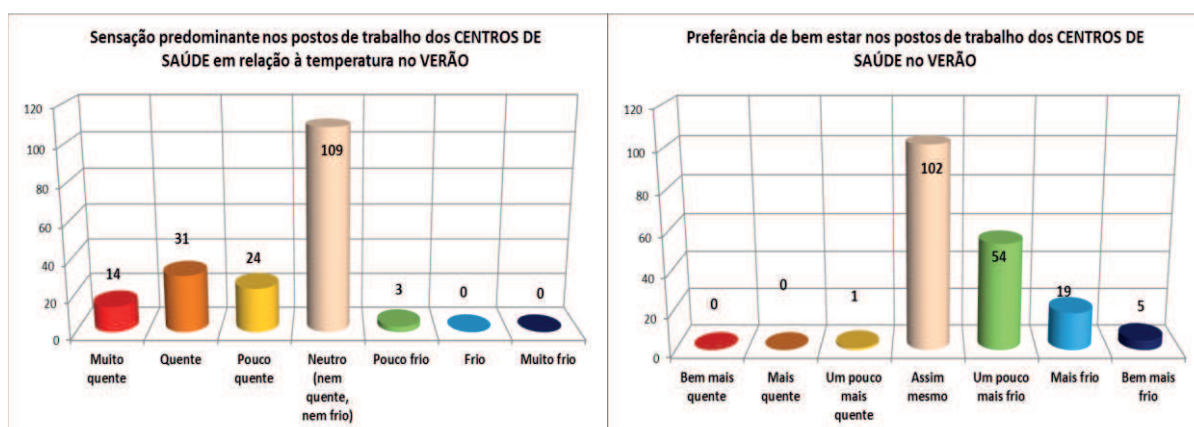


Figura 18 - Respostas em relação à temperatura no verão apenas para os Centros de Saúde.

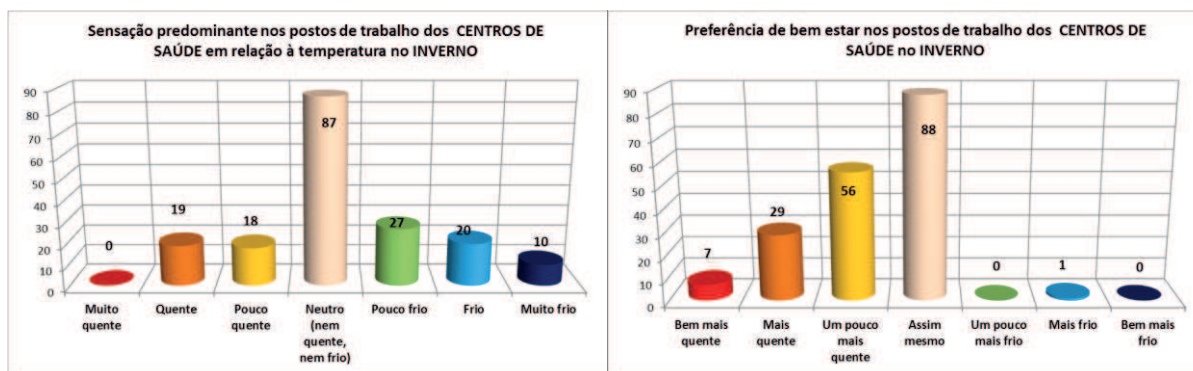


Figura 19 - Respostas em relação à temperatura no inverno apenas para os Centros de Saúde.

Quer no hospital quer nos centros de saúde, para a questão da sensação predominante no verão em relação à temperatura, os resultados indicam um maior número de respostas do “neutro” para “muito quente”, com maior relevância na posição neutra.

Ainda no verão, foi colocada a questão para indicar como preferem estar no posto de trabalho em relação à temperatura, também com sete níveis de opção de escolha. Os resultados demonstram uma tendência nesta questão semelhante, quer para o hospital, quer para os centros de saúde, onde se pode verificar que existe uma preferência de bem-estar dos profissionais em manter-se “assim mesmo”, seguindo-se para “um pouco mais frio” e depois “mais frio”.

No inverno, os resultados demonstram que os profissionais no hospital e nos centros de saúde, têm uma sensação predominante neutra em relação à temperatura, no entanto para o hospital existem 39 (10+18+11) casos do lado quente e 32 (18+10+4) casos do lado frio, enquanto nos centros de saúde como um todo, 37 (18+19) casos estão do lado quente e 57 (27+20+10) estão do lado frio. Ou seja, no hospital os resultados demonstram que a sensação em relação à temperatura é mais quente que nos centros de saúde no inverno.

Ainda no inverno, os resultados demonstram que os profissionais dos centros de saúde têm uma preferência em querer estar mais quentes, veja-se pelo gráfico que a distribuição desloca-se para o lado quente com 92 (56+29+7) casos e apenas 1 caso para o lado frio. Já no hospital, a distribuição é mais central, ou seja, os profissionais preferem manter-se “assim mesmo”, embora com 40 (30+8+2) casos do lado quente e 12 (8+4) casos do lado frio.

De seguida foram colocadas questões relativas às causas que poderão originar desconforto térmico, com opções de escolha múltipla. Não sendo o âmbito deste trabalho, não são apresentados todos os resultados, no entanto a maioria das razões apontadas incidem no sistema de climatização, seguindo-se as correntes de ar e o calor gerado pelo funcionamento dos equipamentos.

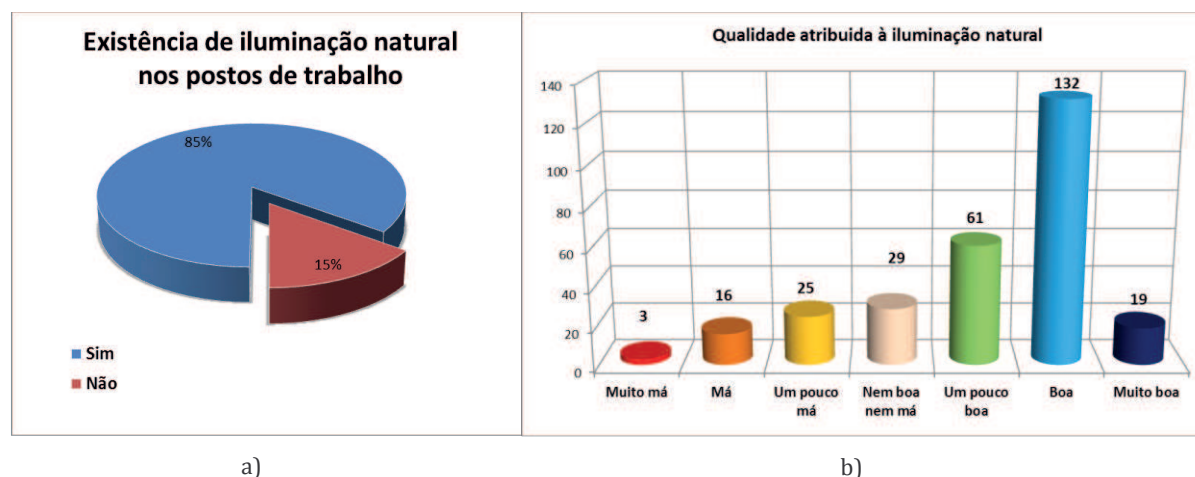
No grupo de questões relativo à iluminação, foram colocadas perguntas relacionadas com a existência ou não de iluminação natural ou artificial, a sua qualidade no posto de trabalho, além de fatores que podem afetar a iluminação e o tipo de iluminação artificial.

Também foram elaboradas questões relativas às janelas ou à cor predominante das paredes e tetos. A definição da cor seguiu o critério da legislação em vigor, categorizando-as em cor clara, média ou escura. A cor clara engloba o branco, creme, amarelo e o vermelho-claro, a cor média engloba o vermelho-escuro, verde-claro e azul-claro, e a cor escura engloba castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro e preto

Para a primeira questão, para saber se existe ou não iluminação natural no posto de trabalho, as respostas para o hospital e centros de saúde foram as da Figura 20a.

Do inquérito resulta que 15% dos funcionários estão alocados a postos de trabalho que não têm iluminação natural, conforme Figura 20a.

Em relação à qualidade da iluminação natural ou artificial, foram definidos sete níveis, também com base na norma ISO 7730. Pode-se observar, pelos resultados apresentados através da Figura 20b, que a iluminação natural é boa, existindo uma pequena parte que a classifica como muito má.



**Figura 20** - a) Respostas em relação à existência de iluminação natural nos postos de trabalho e b) qualidade atribuída à iluminação natural.

O terceiro grupo de questões permite avaliar o ruído sentido no ambiente interior. As respostas deram origem aos gráficos da Figura 21 e 22.

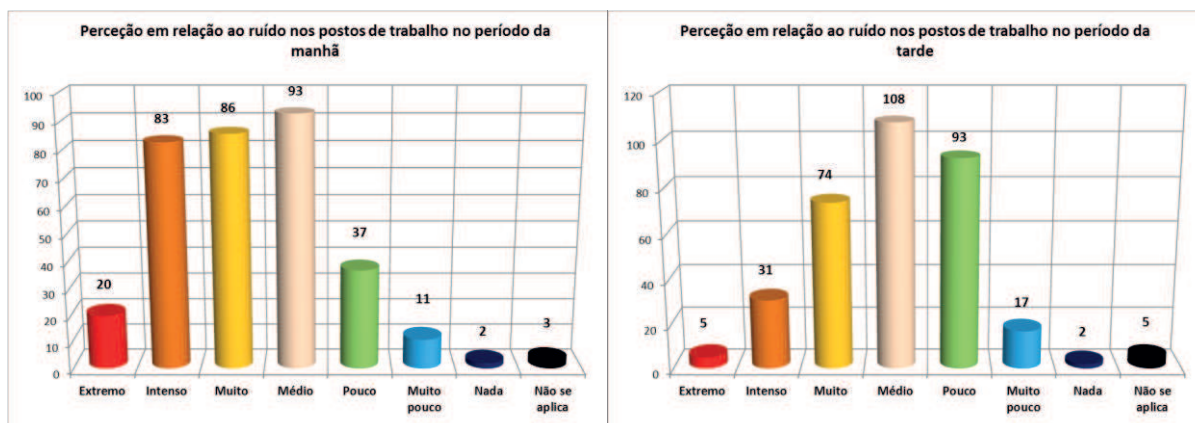


Figura 21 - Respostas em relação ao ruído sentido nos postos de trabalho.

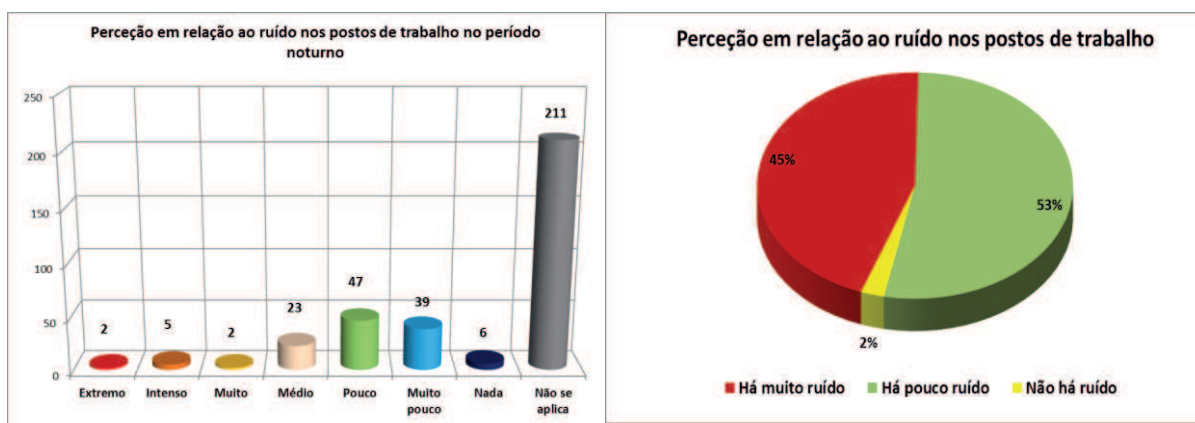


Figura 22 - Respostas em relação ao ruído sentido nos postos de trabalho no período noturno e percepção do ruído.

Dos funcionários inquiridos, 53% afirmam que existe pouco ruído, 45% afirmam que existe muito ruído e os restantes afirmam que não existe ruído.

Na avaliação do ruído, foram definidos três períodos de funcionamento, o da manhã, da tarde e o noturno. Para cada período, foram colocadas questões de sete níveis com inclusão de mais um, ou seja, oito níveis no total para avaliar o ruído. Os sete níveis vão de “extremo” a “nada”, e acrescentou-se um nível “não se aplica” para os profissionais que não têm o horário de trabalho, por exemplo no período noturno.

No período da noite, existem mais casos que “não se aplica” pelo facto dos funcionários que reponderam ao inquérito não terem este período de trabalho. No entanto, se ignorarmos os que “não se aplica”, para este período verifica-se que a maioria respondeu que há pouco ruído.

Para os períodos da manhã e da tarde, verifica-se uma deslocação da distribuição para o lado da existência de ruído. O ruído é sentido mais no período da manhã.

A seguir foram questionadas quais as fontes do ruído sentidas nos postos de trabalho, com possibilidade de escolha múltipla e os resultados obtidos foram os da Figura 23.

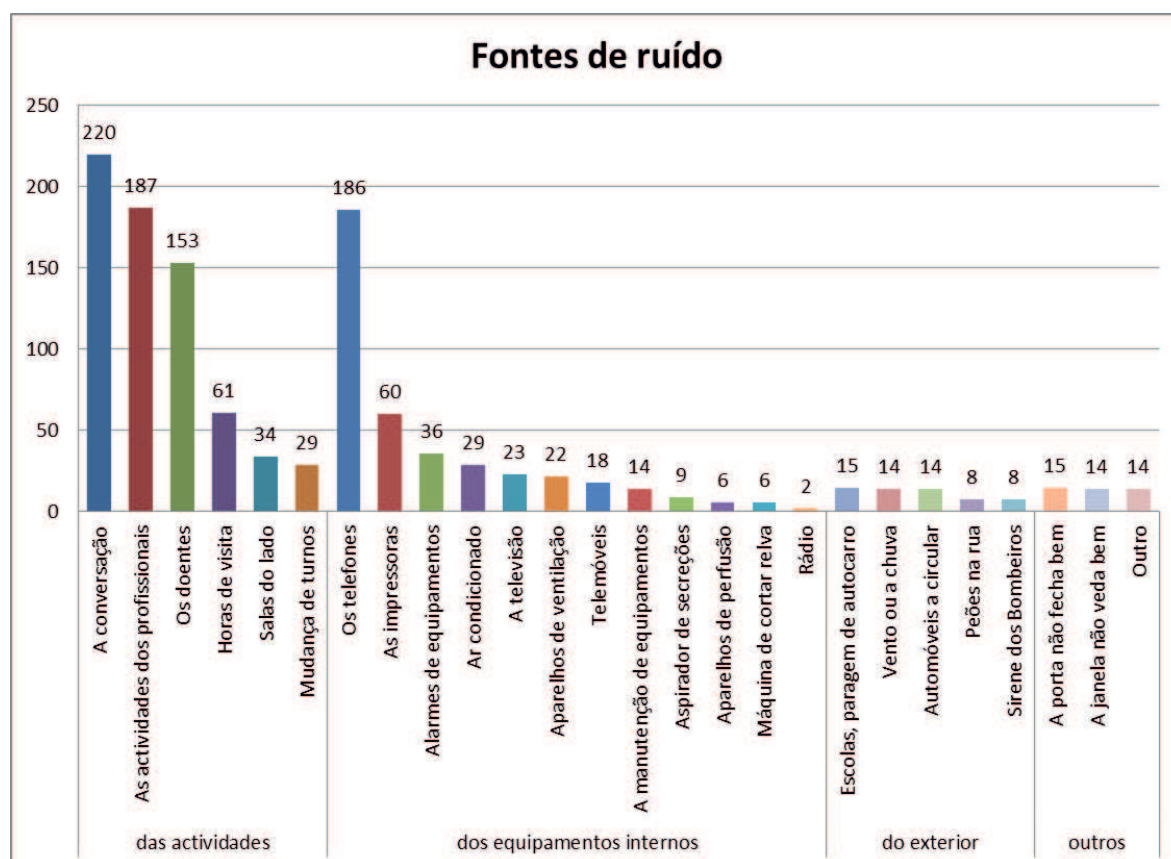


Figura 23 - Fontes de ruído sentido nos postos de trabalho.

Dos resultados obtidos, o valor com maior perceção em relação à fonte de ruído nos postos de trabalho corresponde às actividades de conversação, seguindo-se as actividades dos profissionais, dos telefones do grupo dos equipamentos, dos doentes do grupo das actividades, ou seja, os profissionais indicam uma maior fonte de ruído interna. Note-se que por existir ruído de fundo interno, o ruído proveniente do exterior é pouco perceptível, onde os casos são menores conforme a Figura 23.

No grupo de questões de melhorias, foram colocadas questões não obrigatórias para que os funcionários pudessem contribuir com sugestões de melhorias quer a nível de conforto térmico, de iluminação ou acústico.

## 4. Transmissão de calor em edifícios

### 4.1. Interpretação de Fachada

Neste trabalho, o enfoque é dado às fachadas dos edifícios do hospital e centros de saúde da ULS, no entanto, é preciso entender o significado de fachada, sendo apresentada uma breve revisão à literatura da interpretação de fachada.

A função principal de uma fachada é de separar o espaço interior utilizável do mundo exterior. Tem outras funções como a aparência arquitetônica do edifício. Mas também tem outras funções como absorver forças a partir do vento. Tem um peso próprio. A fachada permite que a luz solar penetre no edifício mas também protege-a. Resiste à penetração da água da chuva e tem que lidar com humidade de dentro e de fora. A fachada proporciona isolamento contra o calor, frio, ruído e pode facilitar a geração de energia. A Figura 24 demonstra as funções principais de uma fachada (Knaack *et al.*, 2007).

As fachadas baseiam-se na evolução, isto é, contêm o conhecimento adquirido ao longo vários milénios. As soluções atualmente em uso, resultam de métodos de construção e materiais que já foram experimentados e testados.

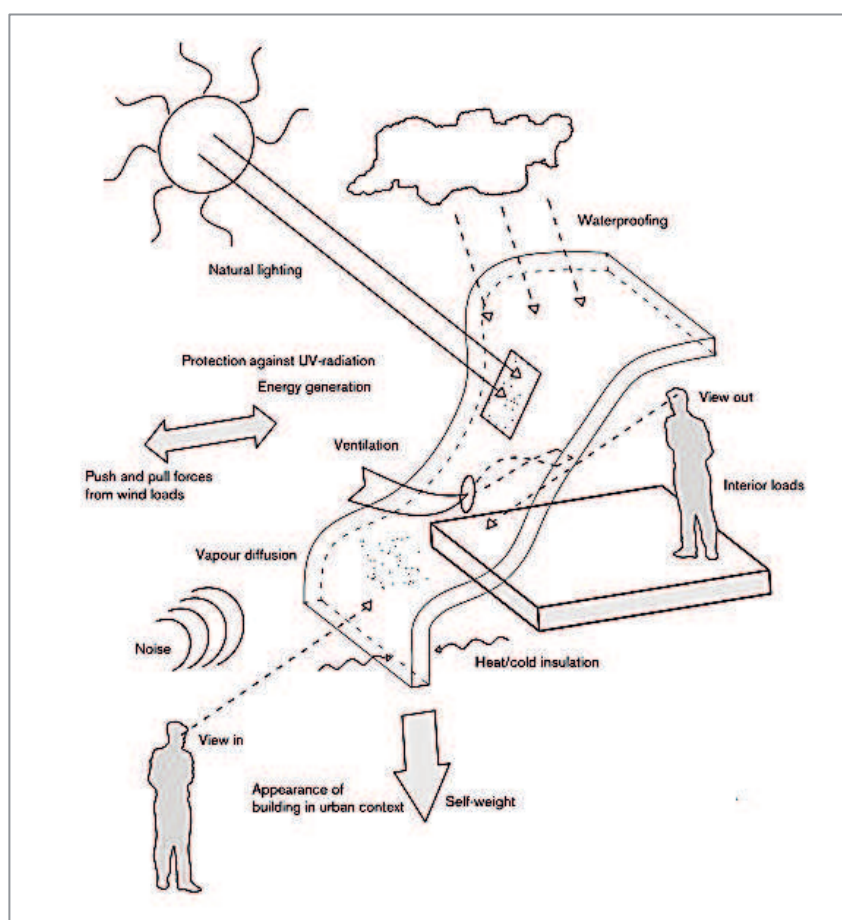


Figura 24 - Funções de uma fachada (Knaack *et al.*, 2007).

Os fenómenos de transmissão de calor por convecção, condução e radiação foram também abordados neste trabalho de forma resumida e que são apresentados a seguir.

A transmissão de calor pode ser definida como a transferência de energia de uma região para outra, como resultado de uma diferença de temperatura entre elas. É necessário entender os mecanismos físicos que permitem a transferência de calor de modo a poder quantificar a quantidade de energia transferida na unidade de tempo (Abrantes, 2012).

Os mecanismos físicos que permitem a transferência de calor são:

- Condução - depende somente de um diferencial de temperaturas.
- Radiação - depende somente de um diferencial de temperaturas.
- Convecção - depende de um diferencial de temperaturas e transporte de massa.

Quando os corpos estão sujeitos a temperaturas quentes e frias em simultâneo, o calor flui do mais quente para o mais frio (Silva, 2006). Na Figura 25 estão representados os três fenómenos de transmissão de calor.

A condução de calor dá-se entre dois corpos quando ambos estiverem em contacto, ou então entre uma zona de um corpo para a outra zona do mesmo corpo. Por exemplo, uma barra metálica aquecida numa extremidade, rapidamente fica quente na outra. O calor transfere-se sem a existência de transporte de matéria (Abrantes, 2012).

A convecção é um mecanismo de transmissão de calor que tem por base a transferência de energia por movimento dos fluidos, líquidos ou gasosos, e por condução molecular. Ocorre na transmissão de calor de um sólido para o ar que o rodeia, ou entre duas superfícies a diferentes temperaturas. A transmissão de calor por convecção aumenta quanto maior for a velocidade do fluxo do fluido. A convecção pode ser natural ou forçada. É natural quando internamente não existe homogeneidade da densidade por diferenças de temperatura e é forçada quando o fluxo for produzido por fontes externas como ventiladores (Abrantes, 2012).

A radiação é outro mecanismo de transmissão de calor, ou seja, existe transferência de energia por ondas eletromagnéticas e não depende de um meio material, podendo ocorrer mesmo em vácuo. Por exemplo, a energia solar chega até à Terra dessa forma. Para ocorrer este tipo de transmissão de calor, apenas é necessária a existência de duas superfícies com diferentes temperaturas, em que, devido à vibração das moléculas superficiais, é emitida energia radiante através do espaço até atingir uma superfície opaca que absorve parte desta energia e reflete a restante (Abrantes, 2012).

Na Figura 25 e na Figura 26 são demonstrados os três fenómenos de transmissão de calor.

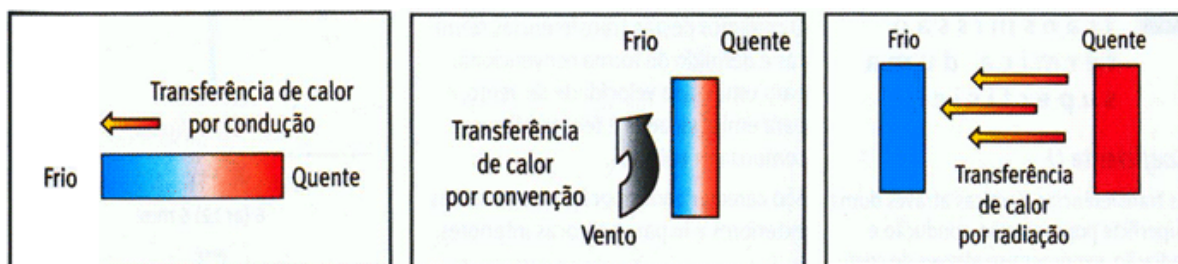


Figura 25 - Ilustração dos fenômenos de transmissão de calor, adaptado de [<http://pt.saint-gobain-glass.com/architects/glass-and-thermal-insulation>] em junho 2014.

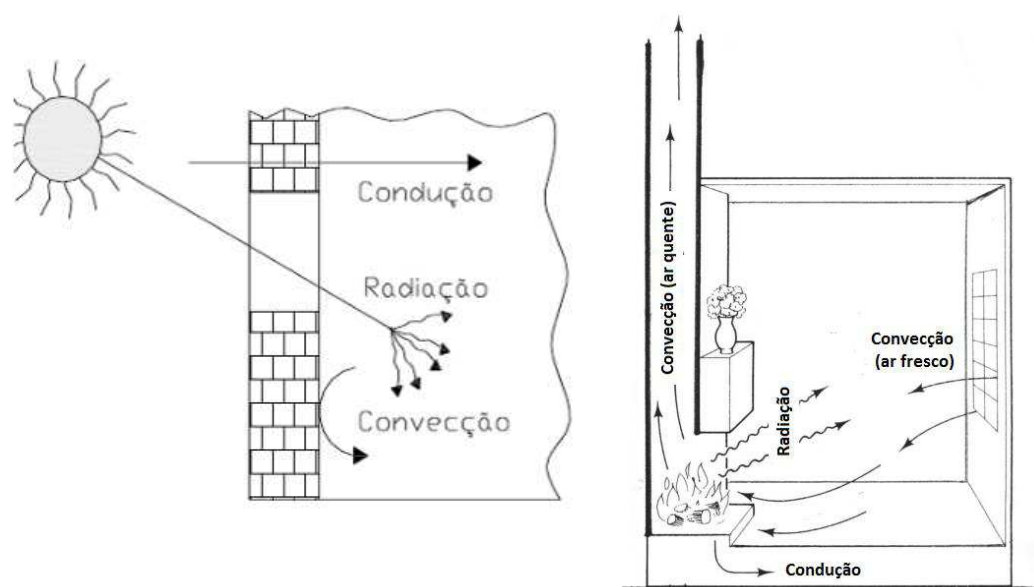


Figura 26 - Mecanismos de transmissão de calor em edifícios.

## 4.2. Interpretação das trocas de calor em edifícios

Como não se podem ignorar as trocas de calor em edifícios, relembra-se que os mesmos são constituídos por diversos filtros que separam a luz, o ar, o ruído e a energia, entre os ambientes interior e exterior. A Envolvente exterior do edifício pode ser considerada como um todo ou uma parte que separa o interior de um edifício do exterior. Os elementos da envolvente do edifício têm uma construção consistente, como paredes, janelas, portas, coberturas, pavimentos, entre outros. Atendendo a esta diversidade de materiais, é necessário contabilizar as trocas de calor da envolvente do edifício.

Como no presente trabalho é abordado o tema das fachadas verticais, ou seja elementos verticais, são apresentadas apenas metodologias que dizem respeito a estes mesmos elementos.

A transmissão de calor por condução em regime permanente, isto é, de forma unidirecional e perpendicular ao elemento, conforme a Figura 27, pode ser determinada pela equação (12).

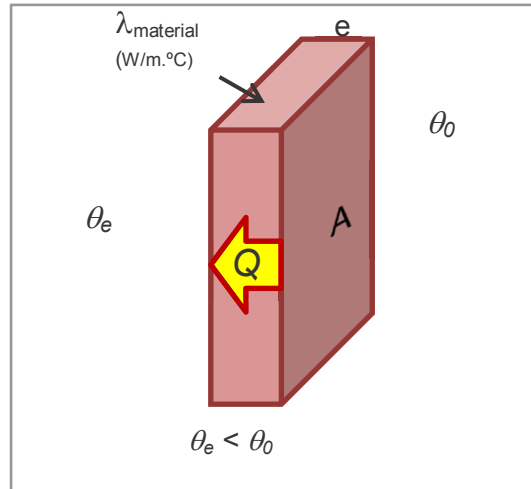


Figura 27 - Fluxo de calor ( $Q$ ) por condução em regime permanente.

$$Q_{cond} = U_p \times A \times (\theta_0 - \theta_e) \quad \text{ou} \quad Q_{cond} = \frac{1}{R_t} \times A \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (12)$$

com

$$U_p = \frac{1}{R_t} \quad (13)$$

$$R_t = \frac{e}{\lambda} \quad \theta_0 > \theta_e \quad (14)$$

Onde:

$Q_{cond}$  = fluxo de calor (W)

$U_p$  = coeficiente de transmissão térmica do elemento (W/m<sup>2</sup>.°C);

$A$  = área da parede (m<sup>2</sup>);

$\theta_0$  = temperatura interior (°C);

$\theta_e$  = temperatura exterior (°C);

$e$  = espessura (m);

$R_t$  = resistência térmica (m<sup>2</sup>.°C/W);

$\lambda$  = condutibilidade térmica (W/m.°C)

A transmissão de calor por condução em regime permanente num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo, conforme a Figura 28 é determinada com base na mesma equação (12) mas a resistência térmica é dada pela equação (15), ou seja pela equação (16). Por analogia a um circuito elétrico com resistências em série, conforme Figura 29, a resistência total é igual à soma das resistências em série (Doran e Kosmina, 1999).

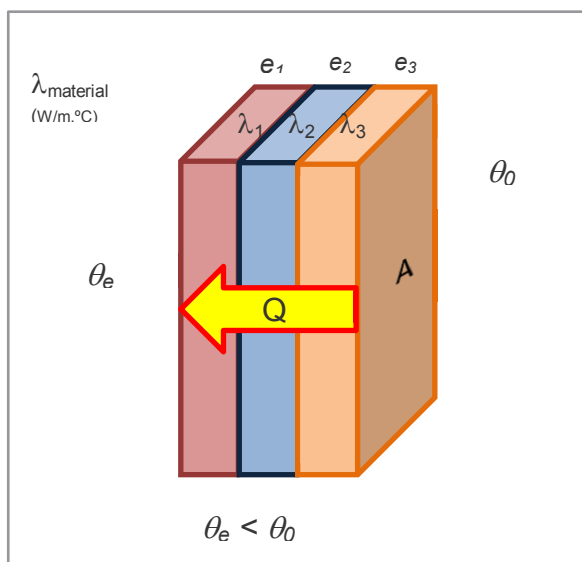


Figura 28 - Fluxo de calor (Q) por condução em regime permanente num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo.

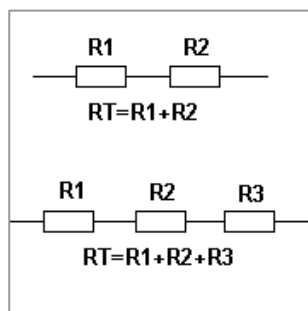


Figura 29 - Resistência total num circuito elétrico com resistência em série.

$$R_t = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} \quad (15)$$

Ou seja, para  $n$  elementos em série:

$$R_t = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} \quad (16)$$

Com:  $U_p = \frac{1}{R_t} \quad \theta_0 > \theta_e \quad (17)$

Onde:

$e_1, e_2, e_3$  = espessuras dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (m);

$e_i$  = espessura do elemento  $i$ , (m);

$n$  = n.º de elementos em série;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  = condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente (W/m.°C);

$\lambda_i$  = condutibilidade térmica do elemento  $i$  (W/m.°C);

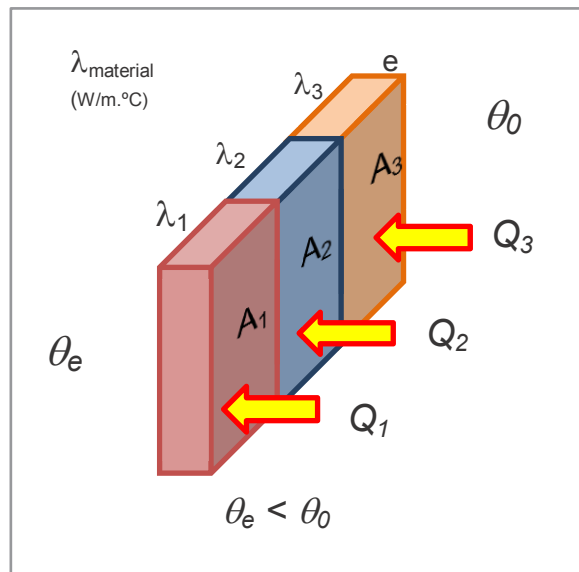
$U_p$  = coeficiente de transmissão térmica dos elementos (W/m<sup>2</sup>.°C);

$A$  = área da parede (m<sup>2</sup>);

$\theta_0$  = temperatura interior (°C);

$\theta_e$  = temperatura exterior (°C);

A transmissão de calor por condução em regime permanente num elemento formado por camadas paralelas ao sentido do fluxo, conforme a Figura 30, também é determinada com base na equação (12), sendo neste caso igual ao somatório dos fluxos dos diversos elementos, ver equação (23).



**Figura 30** - Fluxo de calor ( $Q$ ) por condução em regime permanente num elemento formado por camadas paralelas ao fluxo.

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \times A_1 \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (18)$$

$$Q_2 = \frac{1}{R_2} \times A_2 \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (19)$$

$$Q_3 = \frac{1}{R_3} \times A_3 \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (20)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (21)$$

com

$$\theta_0 > \theta_e$$

Ou seja, para  $n$  elementos:

$$R_j = \frac{e}{\lambda_j} \quad (22)$$

$$Q = \sum_{j=1}^n \frac{A_j}{R_j} \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (23)$$

Onde:

$Q_1, Q_2, Q_3$  = fluxos de calor dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (W)

$Q$  = fluxo de calor total, (W)

$e$  = espessura do elemento, (m);

$n$  = n.º de elementos em paralelo;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  = condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (W/m.°C);

$R_1, R_2, R_3$  = resistências térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (m².°C/W);

$R_j$  = resistência térmica do elemento  $j$ , (m².°C/W);

$\lambda_j$  = condutibilidade térmica do elemento  $j$ , (W/m.°C);

$A_1, A_2, A_3$  = área do elemento 1, 2 e 3 respetivamente, (m²);

$A_j$  = área do elemento  $j$ , (m²);

$\theta_0$  = temperatura interior, (°C);

$\theta_e$  = temperatura exterior, (°C);

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais, exceto em elemento que estiverem em contacto com o solo.

A atribuição de um coeficiente de condutância térmica superficial interior e exterior que traduz a soma das trocas de calor por convecção e radiação dependem da velocidade do ar em contacto com a superfície, da rugosidade, da superfície, da forma e posição da superfície, da diferença de temperatura entre a superfície e o fluido.

Por convecção e radiação são consideradas as resistências térmicas superficiais conforme a Tabela 11.

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento que separa um espaço interior de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais interiores,  $R_{si}$ , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não útil (DespExt\_15793K, 2013).

Tabela 11 - Valores das resistências térmicas superficiais,  $R_{se}$  e  $R_{si}$  (DespExt\_15793K, 2013)

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]		
		Exterior	Espaço não útil	Interior
		$R_{se}$	$R_{si}^*$	$R_{si}$
Horizontal		0,04	0,13	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10	0,10
	Descendente	0,04	0,17	0,17

### 4.3. Inércia térmica

Sendo um parâmetro essencial na metodologia do cálculo das necessidades dos edifícios, de acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, é apresentada uma breve revisão à literatura da inércia térmica.

A inércia térmica exprime um amortecimento das ondas de calor e por um desfaseamento ou atraso entre incidência da onda de calor no exterior e o interior do edifício. A inércia térmica depende da capacidade que os materiais possuem para armazenar o calor.

Para a avaliação da inércia térmica da construção, recorre-se ao conceito de superfície equivalente pesada que não é mais do que o somatório das áreas das superfícies de cada uma das paredes exteriores, interiores, pisos e tetos, multiplicadas por um coeficiente em função do peso das paredes e das resistências térmicas dos seus revestimentos em relação à área do piso do edifício (DespExt\_15793K, 2013).

Segundo a regulamentação em vigor, Despacho Extrato 15793K/2013, de 3 de dezembro, a inércia térmica pode ser forte, média ou fraca, e tem implicações nos ganhos solares que são absorvidos pelo edifício, pois o aproveitamento da inércia otimiza os benefícios dos ganhos solares (redução de flutuações de temperaturas interiores, redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento), enquanto uma inércia fraca, rapidamente são perdidos os ganhos solares, ou seja o atraso e o amortecimento são menores, conforme Figura 31 (DespExt\_15793K, 2013).

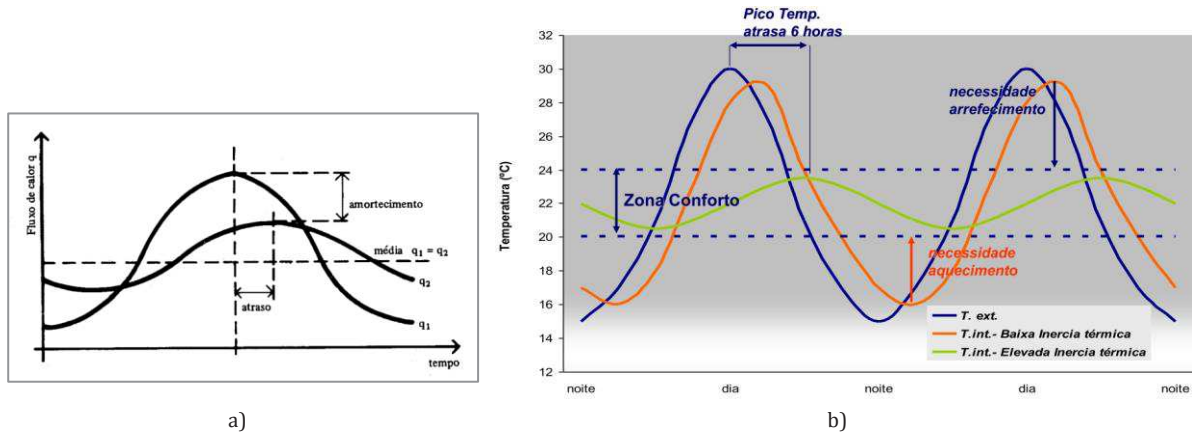


Figura 31 - a) Esquema demonstrativo da inércia térmica e b) Comparação entre as inércias forte e fraca, adaptado (Frota e Schiffer, 2001).

Portugal, é no geral um país soalheiro em que alternam invernos moderados e verões secos. No verão, a temperatura oscila diariamente à volta de um valor médio que está geralmente dentro da zona de conforto (Simões, [s.d.]).

Uma parede apresenta maior ou menor inércia dependendo do seu peso e da sua espessura. Os revestimentos e isolamentos térmicos desempenham um papel importante, pois os revestimentos e isolantes reduzem as trocas de calor com a parede e reduzem a inércia (Frota e Schiffer, 2001).

## 5. Apresentação de casos de Estudo

### 5.1. A Unidade Local de Saúde de Castelo Branco

A ULS é uma pessoa coletiva de direito público de natureza empresarial, dotada de autonomia administrativa, financeira e patrimonial, nos termos do Decreto-Lei n.º 558/99, de 17 de Dezembro, por integração do Hospital Amato Lusitano - Castelo Branco, com os agrupamentos de centros de saúde da Beira Interior Sul e do Pinhal Interior Sul, de acordo com a Tabela 12, sob a tutela do Ministério da Saúde conforme a estrutura organizacional da Figura 32.

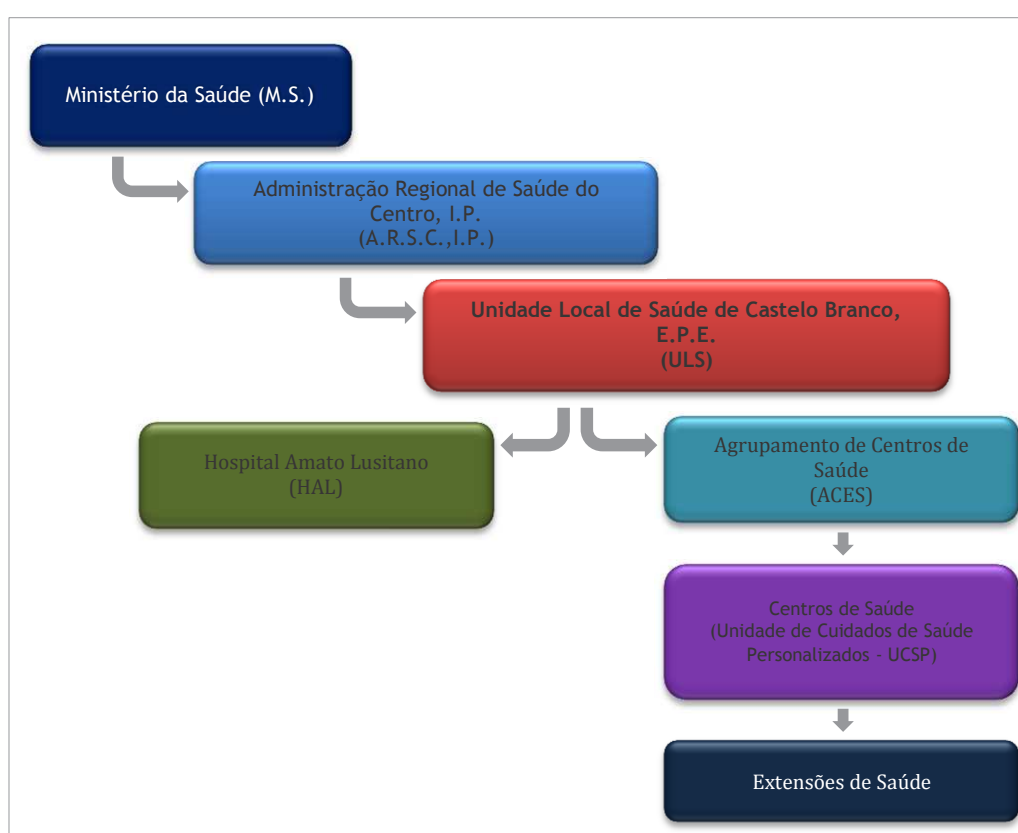


Figura 32 - Estrutura organizacional

Tabela 12 - Centros de Saúde por Agrupamento

Agrupamento de Centros de Saúde	Centro de Saúde
Beira Interior Sul	Castelo Branco
	Idanha-a-Nova
	Penamacor
	Vila Velha de Ródão
Pinhal Interior Sul	Oleiros
	Proença-a-Nova
	Sertã
	Vila de Rei

A ULS organiza-se de acordo com as normas e critérios genéricos definidos pelo membro do Governo responsável pela área da saúde e tem a delimitação geográfica assinalada a vermelho na Figura 33.

Cada centro de saúde engloba ainda uma série de extensões de saúde, que não são contabilizadas neste trabalho, ou seja, para este trabalho irão incidir apenas os edifícios do Hospital Amato Lusitano e os centros de saúde da Tabela 12 e Figura 34.

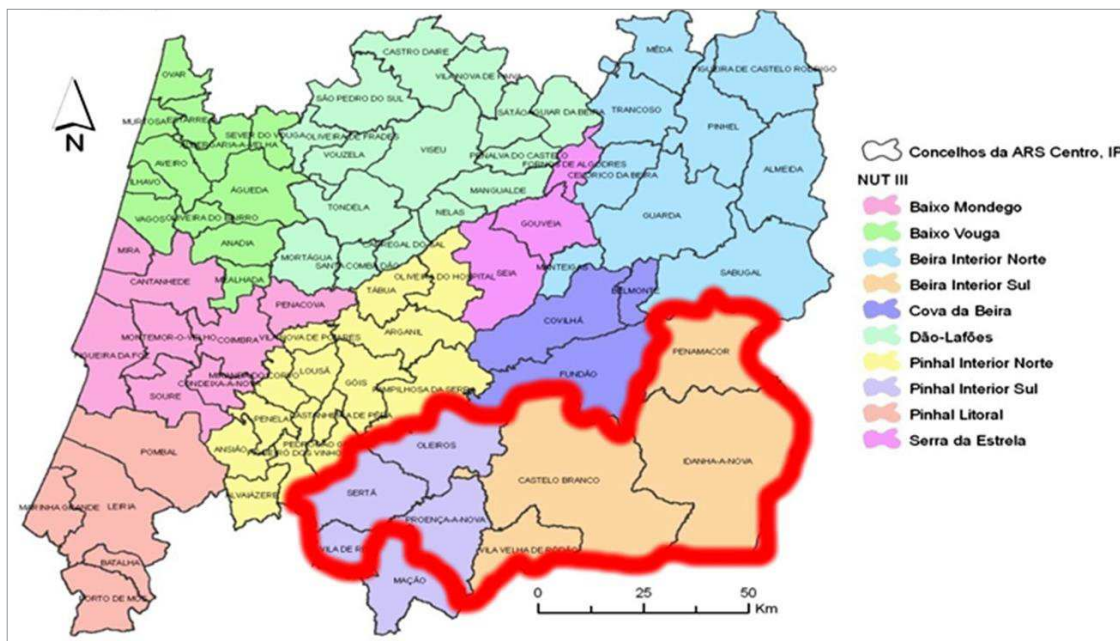


Figura 33 - Área de influência da ULS na região Centro de Portugal Continental.

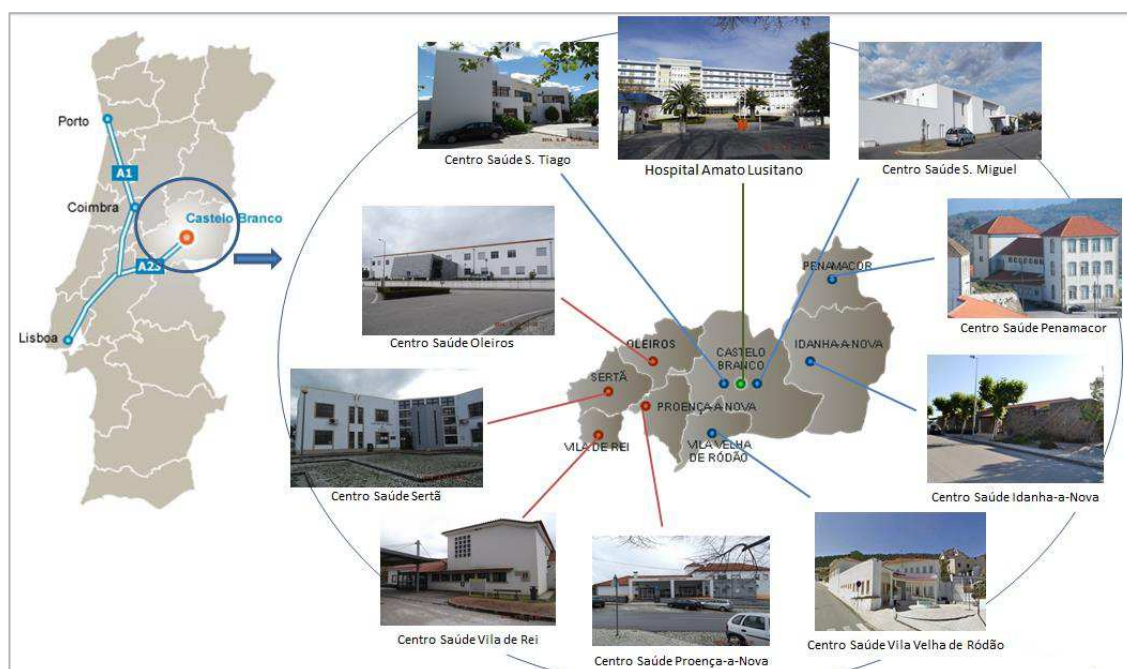


Figura 34 - Edifícios da ULS para estudo (Hospital e Centros de Saúde)

## 5.2. Dados climáticos de Castelo Branco

### 5.2.1. Identificação das zonas climáticas

Os edifícios em estudo da ULS encontram-se localizados de forma dispersa no distrito de Castelo Branco, conforme apresentados no capítulo 10, sendo necessário uma análise aos dados climáticos.

O zonamento climático do País baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009, de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de agosto. (DespExt\_15793F, 2013).

Como a ULS tem edifícios em diversas zonas, e com cotas diferentes, torna-se necessário segundo a legislação em vigor, definir os parâmetros climáticos para estas zonas.

Como foi referido, a ULS engloba as zonas de Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor e Vila Velha de Ródão que estão na zona das NUTS III da Beira Interior Sul (BIS) e Oleiros, Sertã e Vila de Rei que estão na zona de Pinhal Interior Sul (PIS) (DL\_318, 2009).

A Tabela 13 define os valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento das zonas BIS e PIS, ou seja para o inverno nestas zonas.

**Tabela 13** - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento para BIS e PIS, adaptado de (DespExt\_15793F, 2013).

NUT III	$z$		$M$		$GD$		$\theta_{ext,i}$		$G_{sul}$ kWh/m <sup>2</sup> por mês
	Referência m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	REF °C	a °C/km		
Beira Interior Sul (BIS)	328	5,4	1	1274	1800	9,1	-6	140	
Pinhal Interior Sul (PIS)	361	6,7	1	1511	1500	8,4	-4	145	

Onde:

$z$  = altitude de referência, (m);

$GD$  = número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento;

$M$  = duração da estação de aquecimento;

$\theta_{ext,i}$  = temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento;

$G_{Sul}$  = energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, (kWh/m<sup>2</sup>.mês)

Os valores dos parâmetros climáticos de um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência para cada NUTS III e depois ajustados de forma linear com base na altitude  $z$  desse local, conforme a equação (24) (DespExt\_15793F, 2013).

$$X = X_{REF} + a(z - Z_{REF}) \quad (\text{meses ou } ^\circ\text{C}) \quad (24)$$

Na Tabela 14 estão definidos os valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento das zonas BIS e PIS, ou seja para o verão nestas zonas.

**Tabela 14** - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento das zonas BIS e PIS, adaptado de (DespExt\_15793F, 2013)

NUT III	$z$		$\theta_{ext,v}$			$I_{sol}$						
	REF	REF	$a$	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
	m	°C	°C/km	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Beira Interior Sul (BIS)	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Pinhal Interior Sul (PIS)	361	22,4	-3	830	225	360	500	500	420	500	500	360

Onde:

$z$  = altitude de referência, (m);

$\theta_{ext,v}$  = temperatura exterior média, (°C)

$I_{sol}$  = energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, (kWh/m<sup>2</sup>)

Os parâmetros climáticos para o verão,  $z$ ,  $\theta_{ext,v}$ ,  $I_{sol}$  são pertinentes, bem como a duração da estação  $L_v$  que é igual ao seguinte:

$L_v$  = Duração da estação = 4 meses = 2928 horas.

Com base nas duas tabelas anteriores, são obtidos os parâmetros climáticos para aquecimento, arrefecimento e zonas climáticas de cada local, conforme a Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17 respetivamente.

Tabela 15 - Valores calculados para a estação de aquecimento dos edifícios da ULS.

NUT III	Hospital / Centro de Saúde	Altitude	$z - Z_{REF}$		$M$	$GD$	$\theta_{ext,i}$	$G_{Sul}$	Zona Climática inverno
		m	m	km	meses	°C	°C	kWh/m <sup>2</sup> por mês	
BIS	Castelo Branco - Hospital	393,0	65,0	0,065	5,5	1391,0	8,7	140	I2
	Castelo Branco - S. Tiago	382,0	54,0	0,054	5,5	1371,2	8,8	140	I2
	Castelo Branco - S. Miguel	376,0	48,0	0,048	5,4	1360,4	8,8	140	I2
	Idanha-a-Nova	501,3	173,3	0,173	5,6	1585,9	8,1	140	I2
	Penamacor	533,0	205,0	0,205	5,6	1643,0	7,9	140	I2
	Vila Velha de Ródão	160,0	-168,0	-0,168	5,2	971,6	10,1	140	I1
PIS	Oleiros	522,0	161,0	0,161	6,9	1752,5	7,8	145	I2
	Proença-a-Nova	460,0	99,0	0,099	6,8	1659,5	8,0	145	I2
	Sertã	230,0	-131,0	-0,131	6,6	1314,5	8,9	145	I2
	Vila de Rei	443,0	82,0	0,082	6,8	1634,0	8,1	145	I2

Tabela 16 - Valores calculados para a estação de arrefecimento dos edifícios da ULS.

NU T III	Hospital / Centro de Saúde	Alt.	$z - Z_{REF}$		$\theta_{ext,v}$	$I_{sol}$										Zona Climát. verão		
			m	m		km	°C	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro										
								0°	0°	0°	90°	90°	90°	90°	90°		90°	90°
BIS	Castelo Branco - Hospital	393,0	65,0	0,065	24,8	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
	Castelo Branco - S.Tiago	382,0	54,0	0,054	24,9	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
	Castelo Branco - S.Miguel	376,0	48,0	0,048	25,0	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
	Idanha-a-Nova	501,3	173,3	0,173	24,1	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
	Penamacor	533,0	205,0	0,205	23,9	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
	Vila Velha de Ródão	160,0	-168,0	-0,168	26,5	830	220	360	500	495	420	495	500	360	V3			
PIS	Oleiros	522,0	161,0	0,161	21,9	830	225	360	500	500	420	500	500	360	V2			
	Proença-a-Nova	460,0	99,0	0,099	22,1	830	225	360	500	500	420	500	500	360	V3			
	Sertã	230,0	-131,0	-0,131	22,8	830	225	360	500	500	420	500	500	360	V3			
	Vila de Rei	443,0	82,0	0,082	22,2	830	225	360	500	500	420	500	500	360	V3			

Tabela 17 - Zonas climáticas de inverno e verão dos edifícios da ULS.

NUT III	Hospital / Centro de Saúde	Zona climática
BIS	Castelo Branco - Hospital	I2 - V3
	Castelo Branco - S. Tiago	I2 - V3
	Castelo Branco - S. Miguel	I2 - V3
	Idanha-a-Nova	I2 - V3
	Penamacor	I2 - V3
	Vila Velha de Ródão	I1 - V3
PIS	Oleiros	I2 - V2
	Proença-a-Nova	I2 - V3
	Sertã	I2 - V3
	Vila de Rei	I2 - V3

## 5.2.2. Análise dos dados climáticos

No portal do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), existe, à data, um ficheiro denominado de “CLIMA-SCE 1\_05.xlsm” em formato *Excel*, que permite gerar os dados climáticos para simulação dinâmica de cada município de Portugal, dependendo da altitude pretendida. Os dados climáticos gerados são em formato do programa informático *EnergyPlus* (EPW) que serve de base para o cálculo de simulações dinâmicas de energia em edifícios.

Na Figura 35 pode-se observar, por exemplo para Castelo Branco com uma altitude de 376m, os dados climáticos para a estação de aquecimento são de 5,4 meses de duração, a temperatura média exterior é de 8,8°, os Graus-dia são de 1360°C e para a estação de arrefecimento a temperatura exterior média é de 25°C.

Estes dados climáticos gerados, foram analisados com mais detalhe através de um aplicativo gratuito *Climate Consultant*, disponível para descarga no portal do Departamento de Arquitetura da Universidade da Califórnia, Los Angeles (UCLA), para poder visualizá-los de forma gráfica, como por exemplo na Figura 36 com demonstração dos dados climáticos de Castelo Branco para uma altitude de 376m em forma de tabela, na Figura 37 com demonstração da gama de temperaturas em forma de “box-plots”, na Figura 38 com demonstração da proteção solar, na Figura 39 com demonstração da humidade relativa e na Figura 40 com demonstração da roda dos ventos.

Microsoft Excel - CLIMAS-SCE 1\_05.xlsm

**Anos Meteorológicos de Referência** para simulação dinâmica  
versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município  
Castelo Branco

**Zona climática**  
NUTS 3: Beira Interior Sul  
Latitude: 39,9 °N (nominal)  
Longitude: 7,3 °W (nominal)  
Altitude: 328 m (referência)

**Local específico**  
Município: Castelo Branco  
Altitude: 376 m

**Dados climáticos**  
Referência: Neste local

Estação de aquecimento	
Período:	5,4 : 5,4 meses
T média:	9,1 : 8,8 °C
Graus-dia:	1274 : 1360 °C

Estação de arrefecimento	
T média:	25,3 : 25,0 °C

**Zonas de verão e inverno**  
V 3 I 2

preparar ficheiro  
EPW (formato EnergyPlus Weather)

LNEG Software para Políticas Públicas  
Sistema Nacional de Certificação de Edifícios  
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 35 - Janela principal do programa para obtenção de dados climáticos, disponibilizado pelo LNEG.

A título demonstrativo, são apresentados alguns dos quadros e gráficos, que foram gerados pelo programa *Climate Consultant* com base nos dados climáticos para o município de Castelo Branco com uma altitude de 376m gerados pelo ficheiro do LNEG (conforme Figura 35). Os dados climáticos entre os concelhos da Beira Interior Sul variam pouco. Esta aplicação permite gerar mais gráficos e os resultados a obter na carta psicrométrica dependem das opções a escolher para o conforto (conforme Figura 41).

Climate Consultant 5.5 BETA (Build 3, Mar 18, 2014)

File Criteria Charts Help

**LOCATION:** Castelo Branco, NUTS3, PRT  
**Latitude/Longitude:** 39 91° North, 7 28° West. **Time Zone from Greenwich 0**  
**Data Source:** LNEG 888888 WMO Station Number, **Elevation 376 m**

**WEATHER DATA SUMMARY**

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	209	293	370	416	465	508	539	503	424	312	235	179	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	310	387	393	438	444	558	614	991	472	375	357	247	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	96	120	155	149	173	142	137	132	152	131	96	95	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	579	696	909	985	1053	1079	1075	1027	959	750	608	484	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	939	941	954	957	955	950	951	953	953	964	952	879	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	217	278	330	365	384	389	384	372	330	290	236	196	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	1996	3063	4376	5451	6619	7524	7818	6819	5212	3408	2319	1654	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2964	4057	4661	5723	6322	8252	8899	7993	5806	4090	3513	2285	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	912	1251	1827	1958	2467	2099	1989	1796	1867	1433	948	878	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	28662	39949	50582	54336	58532	60949	64502	62666	56635	42700	31929	24699	Lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	41715	51063	51424	52913	51127	58970	66063	67638	59769	49488	46885	34287	Lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	8	10	12	14	17	22	26	26	23	17	12	9	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	5	6	6	8	10	13	14	14	15	12	9	6	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	82	79	70	68	65	57	52	54	62	73	81	82	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	20	20	270	280	290	290	290	290	290	70	80	0	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	11	10	11	12	15	19	21	22	22	20	17	14	degrees C

Back Next

Figura 36 - Visualização dos dados climáticos para Castelo Branco, com uma elevação de 376m, através do programa *Climate Consultant*.

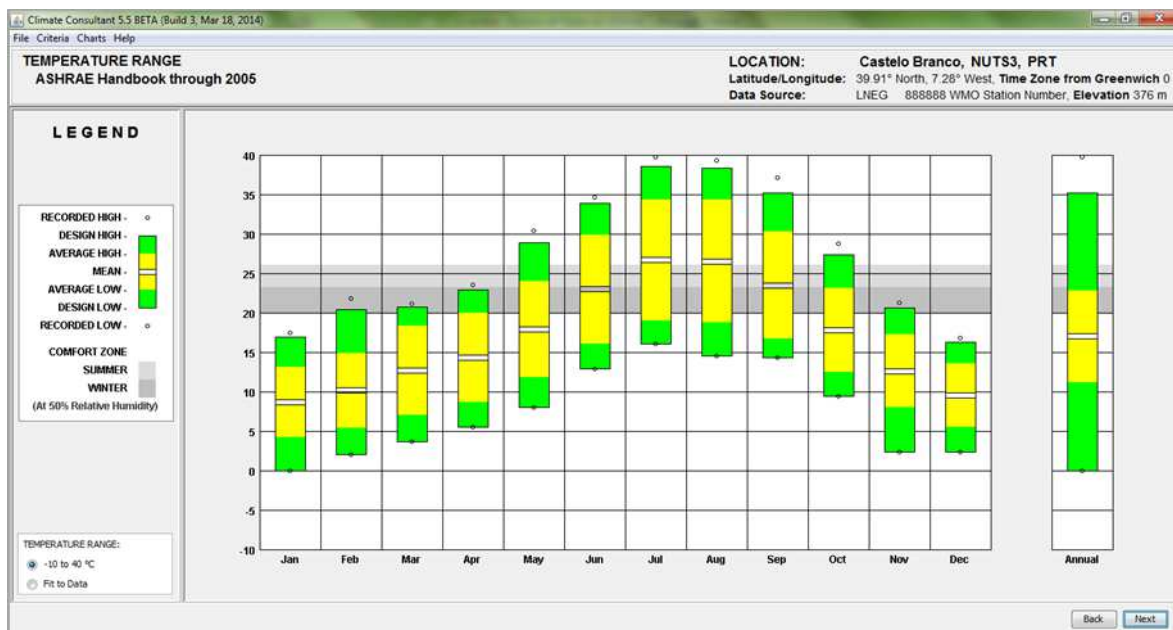


Figura 37 - Gamas de temperaturas para Castelo Branco, com uma elevação de 376m.

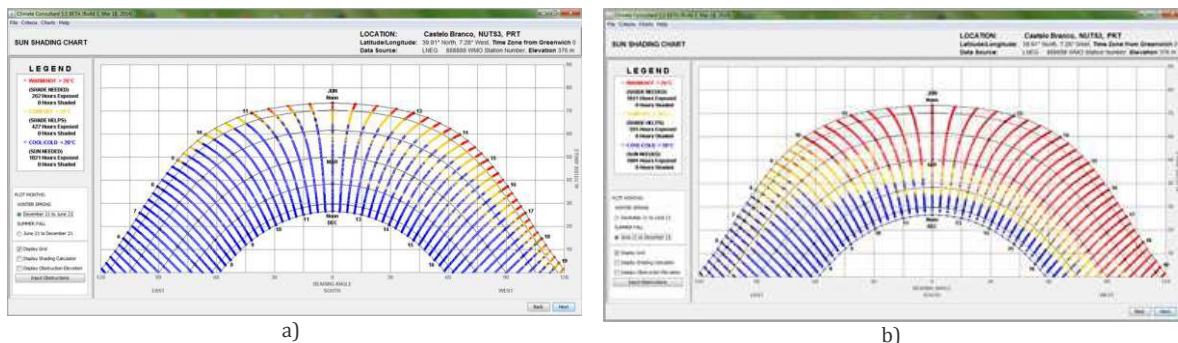


Figura 38 - a) Proteção solar entre 21 de dezembro e 21 de junho e, b) Proteção solar entre 21 junho de 21 de dezembro para Castelo Branco, com uma elevação de 376m.

Conforme a Figura 37, as temperaturas em Castelo Branco variam de janeiro a dezembro, sendo que nos meses de verão as temperaturas atingem os 40°C e no inverno as temperaturas podem atingir valores na ordem dos 0°C.

A humidade relativa desce nos períodos do verão e durante o dia, e sobe nos meses frios de inverno e durante a noite, ver Figura 39 . Os ventos mudam de direção e de intensidade, e podem representados através da roda dos ventos conforme a Figura 40, sendo mais predominantes de oeste.

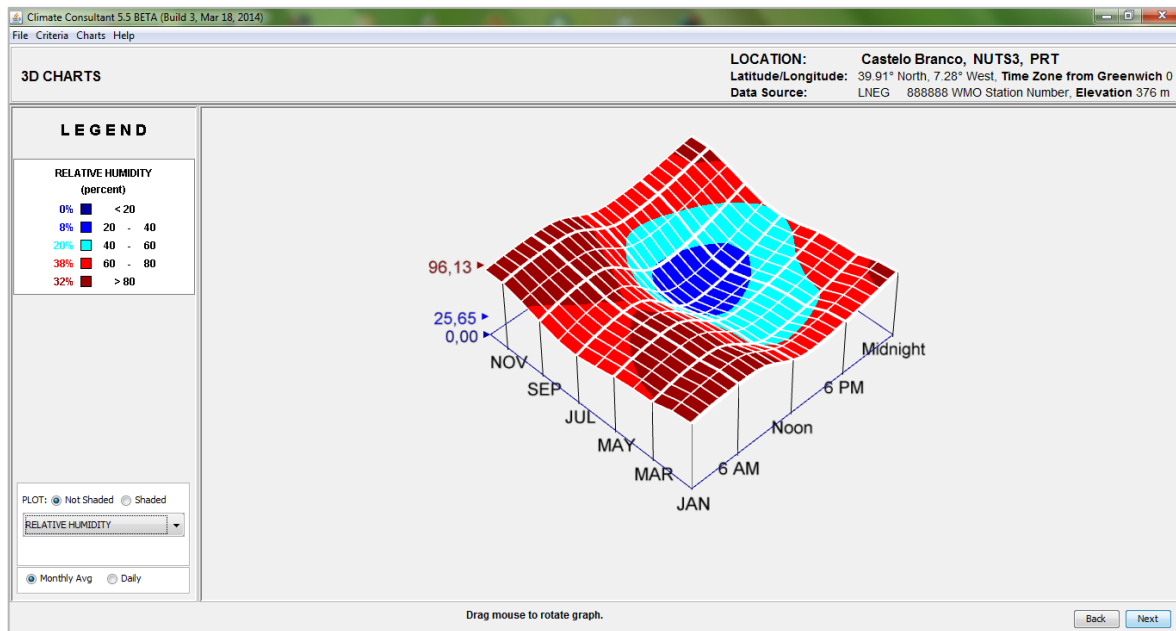


Figura 39 - Humidade relativa para Castelo Branco, com uma elevação de 376m.

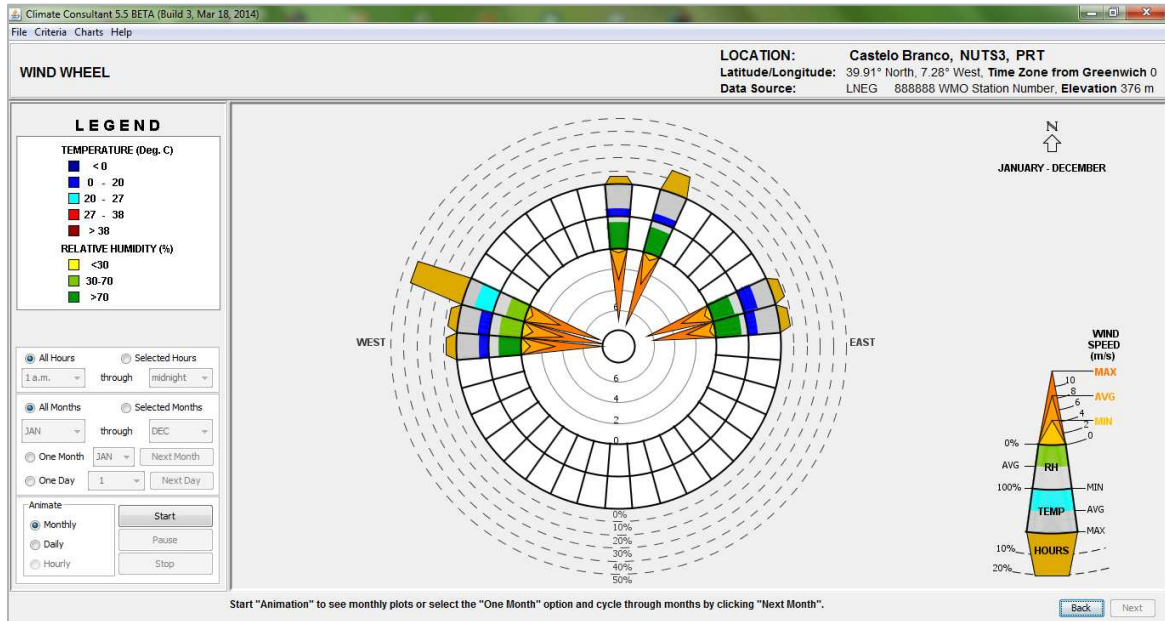


Figura 40 - Roda dos ventos para Castelo Branco, com uma elevação de 376m

A aplicação *Climate Consultant* permite seleccionar diferentes modos de cálculo pra diferentes tipos modelo de conforto, segundo quatro tipos, conforme a Figura 41.

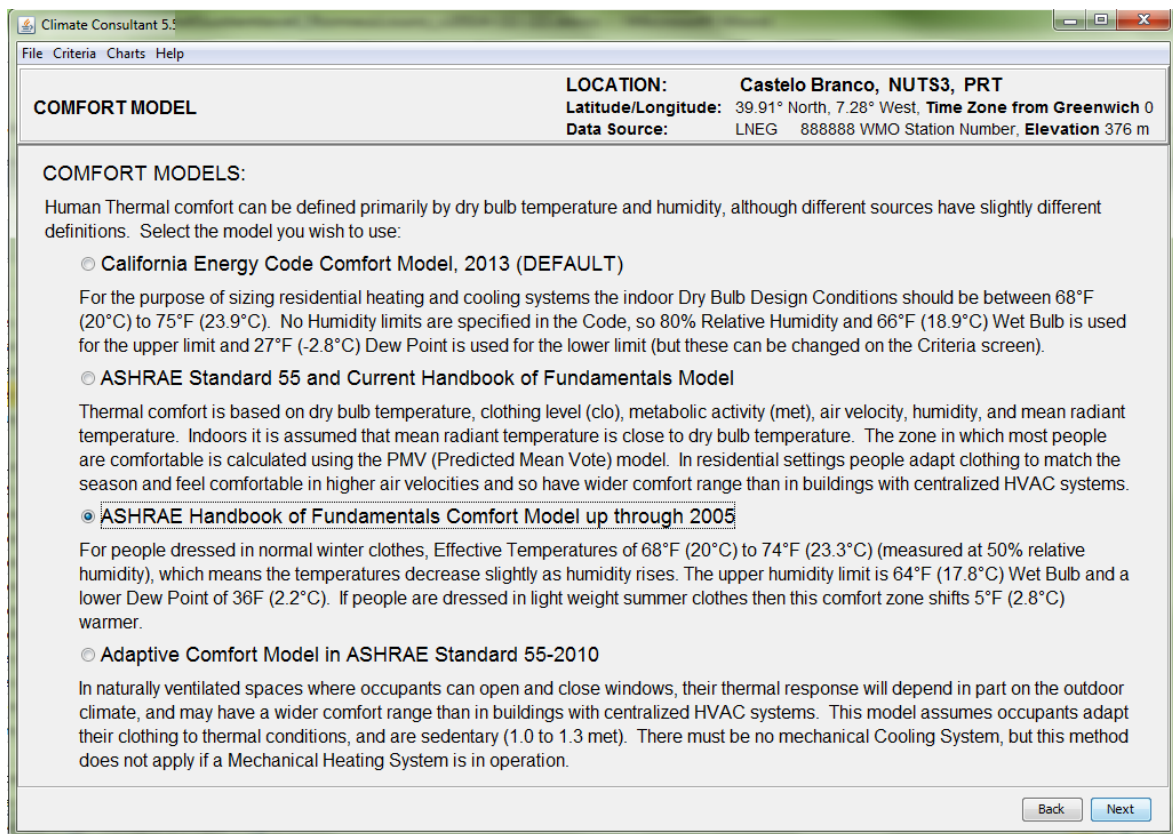


Figura 41 - Tipos de modelo de conforto para definição das estratégias no Climate Consultant

O primeiro modelo é “*California Energy Code Comfort Model, 2013*”, é o modelo por defeito, atribui temperaturas de bolbo seco mínimo de 20°C e máximo 23,9°C, que são respetivamente, temperaturas de conforto mínimo e conforto máximo. A humidade relativa é fixada no máximo até 80% e que corresponde à temperatura máxima do bolbo húmido de 18,9°C e a temperatura mínima do ponto de orvalho é de -2,8°C. No entanto estes valores podem ser alterados.

O segundo modelo é “*ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Comfort Model*” e é conhecido pelo modelo de voto médio previsível PMV, como já foi referido anteriormente. É um algoritmo experimental, que considera a temperatura de bolbo seco, humidade, velocidade do ar e a atividade metabólica. Ele tem duas zonas de conforto, uma para o verão e outra para o inverno dependendo da roupa e da atividade. Este modelo assume que a temperatura radiante média ( $t_r$ ) é aproximadamente igual à temperatura de bolbo seco.

O terceiro modelo é “*ASHRAE Handbook of Fundamentals Comfort Model, through 2005*” em que a zona de conforto muda em função do vestuário (CLO), e na zona mais quente correlaciona com as pessoas que vestem roupas leves.

O último modelo, “*Adaptive Comfort Model in ASHRAE Standard 55-2010*”, aplica-se em espaços naturalmente ventilados, onde as pessoas podem abrir e fechar janelas. Este modelo não se aplica quando o sistema de aquecimento de um edifício está em funcionamento, e não se aplica se houver um sistema de ar condicionado. Assume que as pessoas vão se adaptar com roupas e ao clima (0,5 a 1,0 Clo), e que elas estão envolvidas em atividades sedentárias, como a leitura (1,0 a 1,1 met).

Com aplicação do segundo modelo “*ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Comfort Model*” e com aplicação das melhores estratégias para os dados climáticos de Castelo Branco, com elevação de 376m, obteve-se o gráfico psicrométrico, representado na Figura 42, onde é possível verificar a existência de duas zonas de conforto que correspondem a 1489 horas (17% do ano) e que estão assinaladas a azul, uma zona para verão mais à direita e a outra de inverno mais à esquerda.

Note-se que para manter o conforto interior a 100%, com a opção de escolha das melhores estratégias, é preciso aplicar proteção solar nas janelas desde abril até outubro, com mais incidência nos meses mais quentes, é preciso adicionar aquecimento de janeiro a maio, com mais incidência nos meses mais frios. Nos meses mais quentes é preciso arrefecer com recurso a equipamentos mecânicos. Assim como é preciso realizar ventilação forçada nos meses mais quentes.

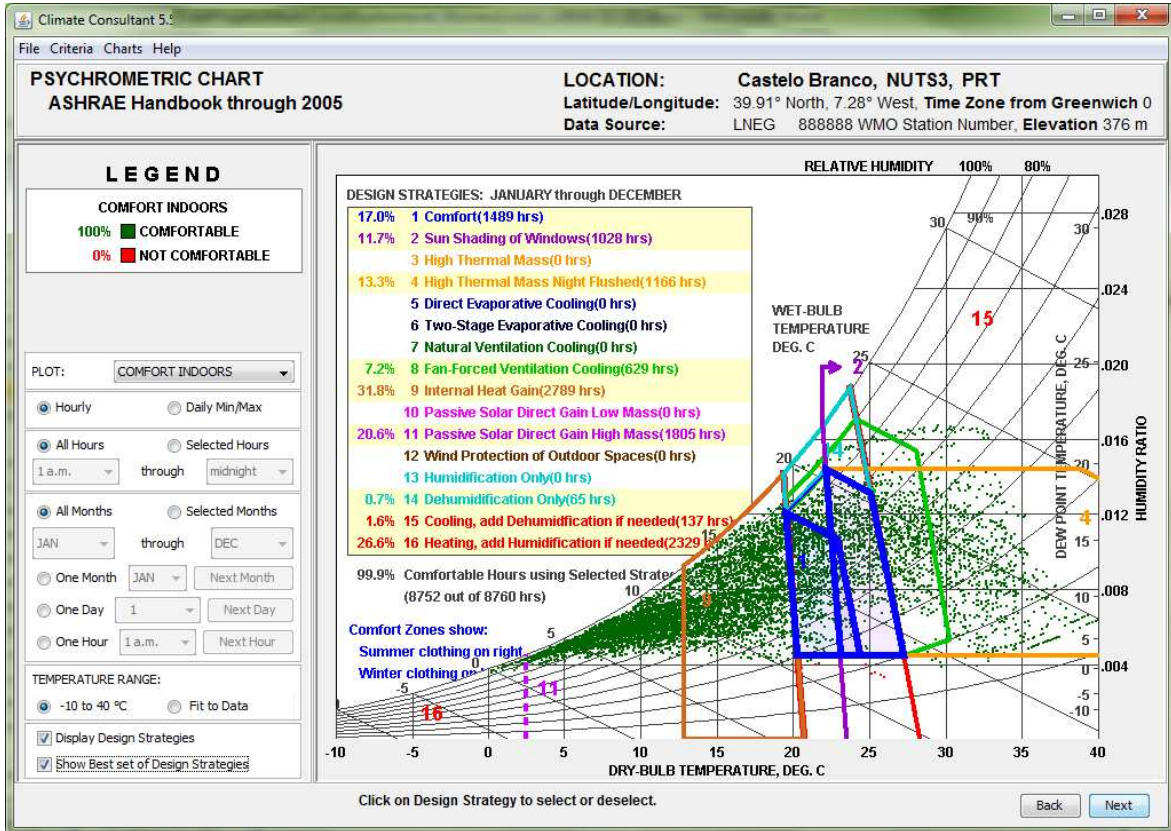


Figura 42 - Gráfico Psicrométrico para Castelo Branco, com uma elevação de 376m, com ASHRAE handbook through 2005 e com as melhores estratégias.

## 5.3. Caracterização das soluções construtivas

### 5.3.1. Introdução

Neste ponto são caracterizadas as soluções construtivas das fachadas dos edifícios em estudo, com base num levantamento, registos fotográficos e registos bibliográficos.

O levantamento foi realizado com base em documentos e projetos existentes da ULS, sendo que algumas instalações foram transpostas para ferramentas de desenho assistido por computador (CAD), nomeadamente, os Centros de Saúde de Idanha-a-Nova, Proença-a-Nova, Vila Velha de Ródão e Penamacor, visto que as plantas existiam em suporte papel. Os restantes centros de saúde (S. Tiago, S. Miguel, Oleiros, Sertã e Vila de Rei) e Hospital Amato Lusitano já existiam em suporte CAD. No entanto, em todos os casos de estudo, foram determinadas todas as áreas de fachadas expostas, bem como áreas úteis, áreas brutas, áreas de vãos, áreas de cobertura e volumes. Em relação às áreas de fachadas e vãos, foram determinadas por orientação segundo os pontos cardeais (norte N, sul S, este E e oeste W) e segundo os pontos colaterais (nordeste NE, noroeste NW, sudeste SE e sudoeste SW).

A seguir são apresentados de forma resumida os edifícios em estudo da ULS. Este levantamento será utilizado para a criação de um modelo tipo que represente a relação dimensional dos edifícios.

### 5.3.2. Evolução das soluções construtivas de paredes em Portugal

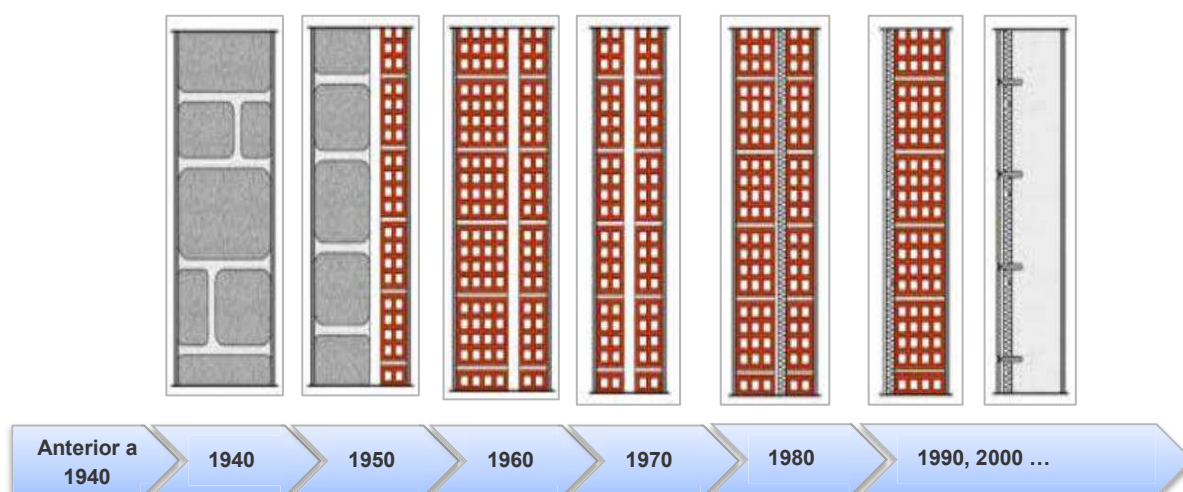
É apresentada neste ponto uma breve evolução das soluções construtivas em Portugal, sendo as mesmas comparadas neste trabalho conforme a caracterização das soluções construtivas dos edifícios em estudo da ULS apresentadas no ponto 5.3.

Ao longo dos tempos, o ser humano foi-se adaptando às condições que o rodeia, assim como foi transmitindo de geração em geração todo o conhecimento até aos dias de hoje. Foi com mais conhecimento e talvez por erros ou desastres naturais que obrigou ao Homem aplicar novas técnicas e novos materiais nas construções que encontramos pelo mundo fora. As mudanças e a evolução tecnológica permitiram reconhecer que os recursos naturais não são inesgotáveis, desde então que existe a preocupação da redução de consumos, no entanto houve épocas em que este fator não era tido em conta.

Cada vez mais existe a preocupação de reduzir as emissões com efeitos de estufa, e de se construir edifícios com consumo zero.

A Figura 43 ilustra a evolução das fachadas em Portugal desde os anos 1940, em que as paredes exteriores eram constituídas essencialmente por alvenarias de pedra,

assim como na década de 50 quando começaram a surgir paredes com alvenarias de pedra mas com um pano interior em tijolo. Apresenta ainda nos anos seguintes quando surgiram paredes exteriores duplas, constituídas por dois panos de tijolo e caixa-de-ar, com apresentação de diversas formas e dimensões. No Finais de 1980 e início de 1990 surgem paredes duplas com isolamento no interior da caixa-de-ar. Nos finais dos anos 90 surgiram as paredes com isolamento pelo exterior (Pinto, 2011).



**Figura 43** - Evolução das fachadas em Portugal nas últimas décadas, adaptado de (Pinto, 2011).

No caso dos edifícios em estudo da ULS, não são encontradas soluções construtivas com isolamento térmico pelo exterior, no entanto são apresentadas diversas soluções desde paredes simples de alvenaria de pedra, passando por soluções com paredes duplas com e sem isolamento, até a um misto de alvenarias de pedra e paredes de tijolo com isolamento térmico, que são apresentados no capítulo 12 com mais pormenor.

### 5.3.3. Hospital Amato Lusitano - HAL

O Hospital Amato Lusitano (HAL) está localizado no centro da cidade de Castelo Branco, mais concretamente na Av. Pedro Álvares Cabral, 6000-085 Castelo Branco a uma cota de 393m. Está Integrado na área da Beira Interior Sul (BIS) da Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas, de nível três (NUTS III) de Portugal.

É constituído por nove pisos com diversas áreas de internamento e especialidades e tem uma área bruta de 28.050m<sup>2</sup>, o pé direito médio é de 3m. A área útil é aproximadamente 17.450m<sup>2</sup>, a cobertura para efeitos de cálculo foi medida em planta resultando em cerca de 9.308m<sup>2</sup>. A área total das fachadas expostas é de 11.327,82m<sup>2</sup> incluindo a área dos vãos envidraçados de 1.795,65m<sup>2</sup>. Com base nestes valores, a

área total exposta engloba as paredes e cobertura, com um total de 20.635,98m<sup>2</sup>. O volume interior do edifício é de 52.342,74m<sup>3</sup>. Daqui resulta um fator forma de 0,394 que corresponde ao rácio entre a área total exposta e o volume interior.

A Figura 44 ilustra a localização, a orientação, o alçado principal e a volumetria do HAL.

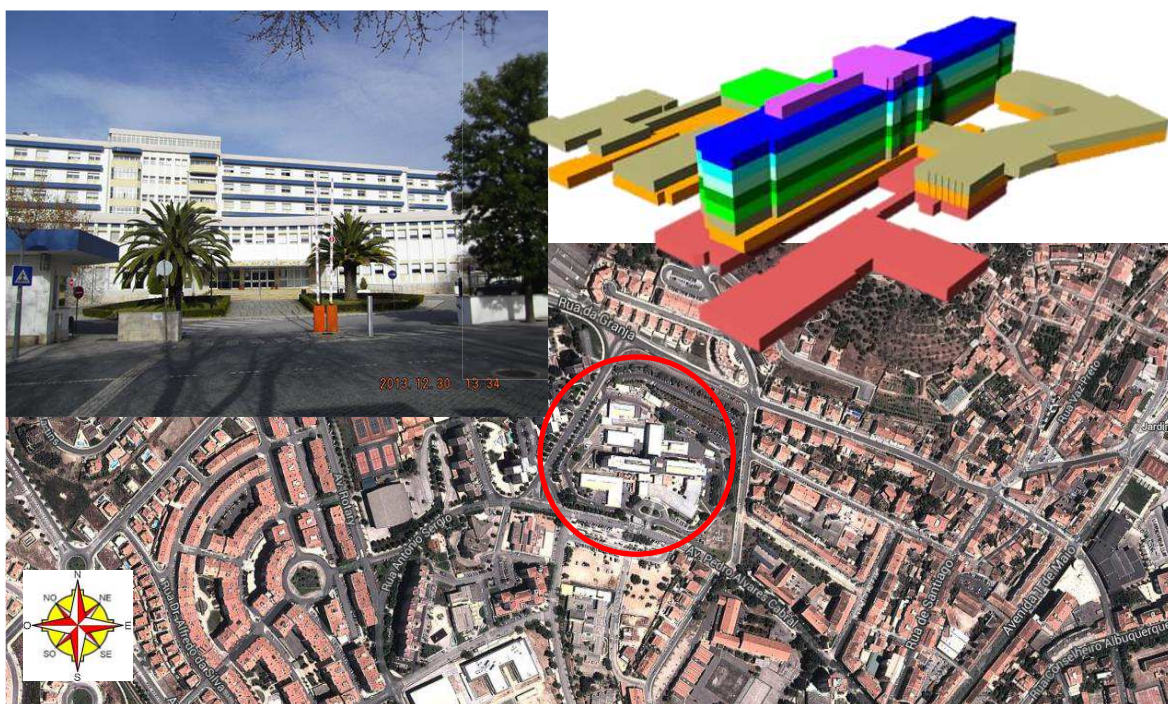


Figura 44 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Hospital Amato Lusitano.

O edifício foi construído nos finais da década de setenta do século vinte, concluído em 1977 e sofreu grandes alterações em 2003 a nível de equipamentos de aquecimento, arrefecimento e iluminação. Também foi objeto de ampliações na zona da urgência e do centro de estudos em 2006. Estas construções novas têm paredes exteriores, com uma constituição diferente das que foram construídas em 1977, pois já possuem isolamento térmico. Já em 2011 foram substituídas algumas coberturas. Os vãos exteriores não sofreram alterações.

O edifício é dotado de instalações mecânicas para aquecimento e arrefecimento, quer através de caldeiras, quer por máquina frigorífica (*chiller*) respetivamente. Existem várias zonas do edifício em que o utilizador tem a possibilidade de controlar a temperatura através de comandos de parede. Nas restantes zonas, a temperatura é controlada por uma gestão centralizada. Os sistemas de aquecimento usam gás natural para as caldeiras e energia elétrica para os *chillers*. Apenas existe algum aproveitamento de águas para rega de jardins mas não existe sistema energias renováveis.

Não existem dispositivos mecânicos de regulação das persianas. Os vãos orientados a sul têm mais uma proteção solar, na horizontal, e atendendo ao tipo de estrutura conforme Figura 45, esta proteção irá ter mais efeitos quando o sol se encontrar numa posição mais alta. As janelas dos pisos nesta orientação estão mais à face exterior da parede, enquanto as janelas orientadas a norte estão mais no interior da parede.

As fachadas expostas encontram-se na sua maioria orientadas a norte e a sul, com 32,2% e 33,4% respetivamente. Assim como da área total envidraçada, 17,7% dos vãos envidraçados estão orientados para norte e 18,4% para sul. Mais à frente é apresentado um resumo das áreas.

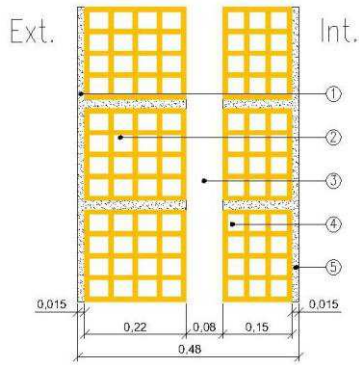


**Figura 45** - Proteção das janelas orientadas a sul, parte da fachada orientada a sul

Embora existam algumas proteções solares dos vãos envidraçados, neste trabalho as mesmas foram ignoradas, por se tratar de um estudo de elementos verticais das fachadas como um todo, sendo que o seu efeito poderá ser objeto de estudo futuro.

As fachadas são constituídas na maioria por paredes duplas de tijolo furado com caixa-de-ar sem isolamento térmico, rebocadas e pintadas em ambas as faces. Existem cerca de 62% das paredes exteriores com 48cm, 18% com 41cm, 18% com 35cm e os restantes 2% com espessura de 32cm mas com isolamento térmico em espuma rígida de poliestireno extrudido (XPS). Esta última, com isolamento térmico por ser uma solução que foi utilizada nas ampliações do HAL em 2003. Os vãos exteriores são constituídos por caixilharias de alumínio na cor natural, com vidro simples, e estores exteriores por persianas plásticas.

O cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das paredes exteriores foi calculado de acordo com o ponto 2 do Despacho Extracto 15793K, de 3 de dezembro. As Figuras 46, 47, 48 e 49, demonstram as soluções construtivas das paredes e o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica de cada tipo de parede do HAL. Os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento de coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), denominado por ITE50.

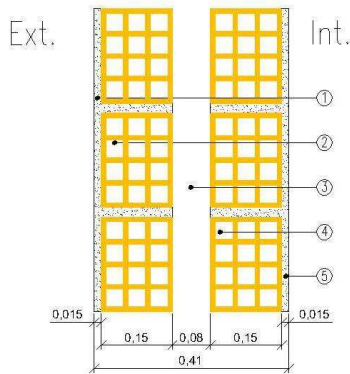


Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA	
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x22+cx ar+30x20x15+reboco</b>					
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC	
2 Tijolo furado 22	0,220	-	0,520		
3 Caixa de ar	0,080	-	0,180		
4 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390		
5 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012		
espessura total			0,480		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04	a)
			Rsi	0,13	
			Rt	<b>1,284</b>	

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

**Coefficiente de transmissão térmica  $U = 1/Rt$  0,78 W/m²·°C**  
% paredes exteriores com esta constituição 62%

Figura 46 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 48cm de espessura.

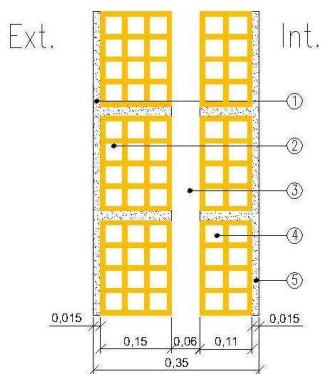


Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA	
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x15+cx ar+30x20x15+reboco</b>					
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC	
2 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390		
3 Caixa de ar	0,080	-	0,180		
4 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390		
5 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012		
espessura total			0,410		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04	a)
			Rsi	0,13	
			Rt	<b>1,154</b>	

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

**Coefficiente de transmissão térmica  $U = 1/Rt$  0,87 W/m²·°C**  
% paredes exteriores com esta constituição 18%

Figura 47 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 41cm de espessura.

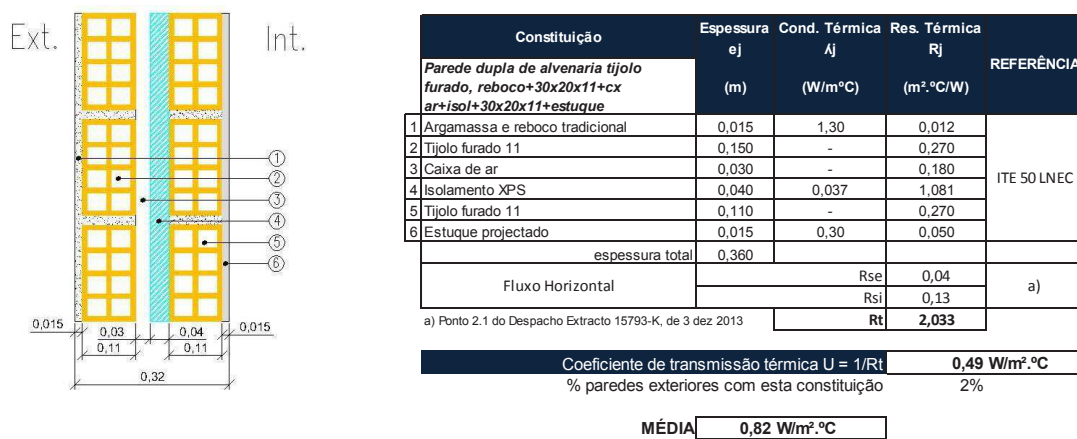


Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA	
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x15+cx ar+30x20x11+reboco</b>					
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC	
2 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390		
3 Caixa de ar	0,060	-	0,180		
4 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270		
5 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012		
espessura total			0,350		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04	a)
			Rsi	0,13	
			Rt	<b>1,034</b>	

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

**Coefficiente de transmissão térmica  $U = 1/Rt$  0,97 W/m²·°C**  
% paredes exteriores com esta constituição 18%

Figura 48 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 35cm de espessura.



**Figura 49** - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do HAL com 32cm de espessura e com isolamento térmico.

Tendo em conta o tipo de espessura e constituição das diferentes paredes exteriores, o coeficiente de transmissão térmica ponderado é de  $0,82\text{W/m}^2.\text{°C}$ .

A espessura média ponderada das paredes exteriores é de 0,44m.

### 5.3.4. Centro de Saúde S. Miguel

O Centro de Saúde de s. Miguel está localizado na periferia da zona norte da cidade de Castelo Branco, na Av. da Europa, na BIS da NUTSIII, a uma altitude de 376m. Foi construído entre 2007 e 2009, entrou em funcionamento nos finais de 2009. É uma construção recente, no entanto já foram detetadas algumas anomalias nas fachadas, como fissuras e descasque da pintura nas paredes exteriores.

O edifício é constituído por dois pisos, com um pé direito médio de 3,5m. O rés-do-chão, possui essencialmente as áreas de prestação de cuidados e o primeiro andar tem uma área de saúde pública, saúde oral entre outras. Tem cerca de  $3.494\text{m}^2$  de área bruta. A área útil é de aproximadamente  $2.076\text{m}^2$ , sendo que a cobertura também foi medida em planta e resulta em  $1.604,65\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $2.303,35\text{m}^2$  incluindo a área dos vãos envidraçados de  $282,08\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $3.908\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $7.265,83\text{m}^3$ , sendo o fator forma resultante de 0,538.

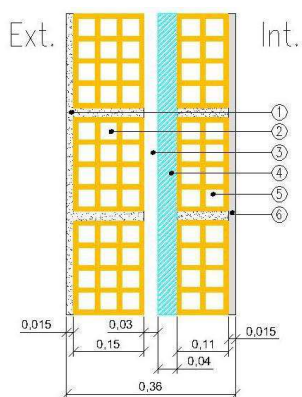
O edifício possui sistema de climatização centralizada por bombas de calor e frio, sendo possível apenas o controlo da temperatura quente no inverno e frio no verão, ou seja, não é possível arrefecer e aquecer ao mesmo tempo. O sistema apenas usa energia elétrica. Não existe sistema de energias renováveis e o aquecimento de água é feito por cilindros elétricos.

A localização, a orientação, o alçado principal e a volumetria do Centro de Saúde de S. Miguel podem ser observados na Figura 50.



Figura 50 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de S. Miguel.

As fachadas expostas estão orientadas nos quadrantes colaterais, ou seja, cada quadrante colateral tem cerca de um quarto das paredes expostas. e são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado (30x20x15+30x20x11), com caixa-de-ar parcialmente preenchida com isolamento térmico em espuma rígida de poliestireno extrudado (XPS), rebocada no exterior e com estuque projetado no interior, ambas as faces são pintadas a branco. A espessura da parede é de 36cm. Os vãos exteriores são constituídos por caixilharia de alumínio na cor natural com vidros duplos. As únicas proteções das janelas são cortinas interiores reguláveis de forma manual pelos seus utilizadores.



Constituição	Espessura e <sub>j</sub> (m)	Cond. Térmica λ <sub>j</sub> (W/m°C)	Res. Térmica R <sub>j</sub> (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<i>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x15+cx ar+isol+30x20x11+estuque</i>				ITE 50 LNEC
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	
2 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
3 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
4 Isolamento XPS	0,040	0,037	1,081	
5 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
6 Estuque projectado	0,015	0,30	0,050	
espessura total		0,360		
Fluxo Horizontal			R <sub>se</sub>	0,04
			R <sub>si</sub>	0,13
			R <sub>t</sub>	2,153
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013				
Coeficiente de transmissão térmica U = 1/R <sub>t</sub>				0,46 W/m²·°C

Figura 51 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede do Centro de Saúde S. Miguel.

O coeficiente de transmissão térmica das paredes é de  $0,46\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$  e foi determinado segundo a mesma metodologia apresentada anteriormente para as paredes dos HAL, ver Figura 51. A espessura das paredes exteriores é de  $0,36\text{m}$ .

### 5.3.5. Centro de Saúde de S. Tiago

O Centro de Saúde de S. Tiago está localizado nas proximidades do HAL, na Av. António Sérgio, n.º 10, 6000-286 Castelo Branco, com uma altitude de  $382\text{m}$ . Também está integrado na BIS da NUTSIII.

Foi construído em 1992, desde então tem sofrido apenas obras de conservação, mais concretamente de pinturas interiores e exteriores. É constituído por dois pisos acima do solo e um piso parcialmente enterrado, tem cerca de  $1.652\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito de  $3\text{m}$ . A área útil é aproximadamente  $1.432,89\text{m}^2$ , a cobertura também foi medida em planta e resulta em  $851,09\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $996,36\text{m}^2$ , incluindo a área dos vãos envidraçados de  $219,07\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $1.847,45\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $4.298,67\text{m}^3$  e o fator forma correspondente é de  $0,430$ . O rés-do-chão tem cinco módulos para prestação de cuidados de saúde, sendo que o primeiro piso possui áreas administrativas e de coordenação. O piso parcialmente enterrado tem áreas de lavandaria, de esterilização, bar, garagem, arquivo morto e armazéns.

Na Figura 52 é possível observar a localização, bem como a orientação, o alçado principal e a volumetria do Centro de Saúde S. Tiago.



Figura 52 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de S. Tiago.

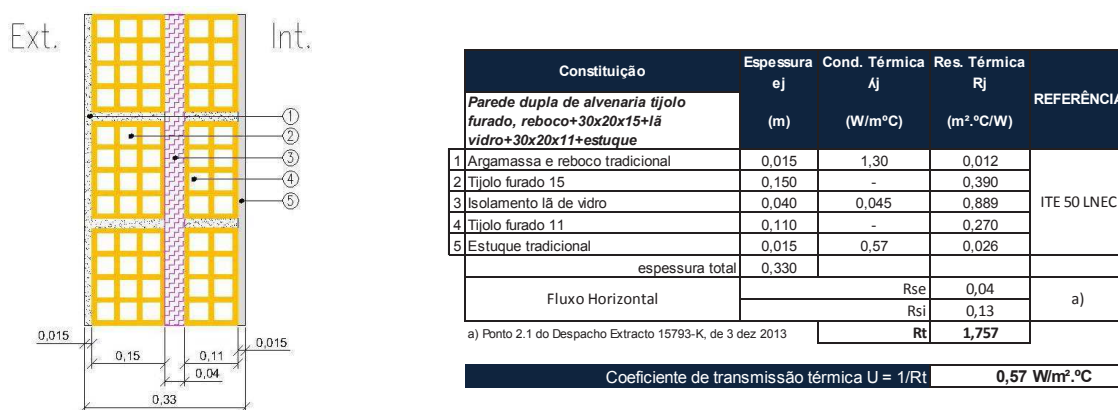
O centro de saúde não dispõe de sistema de climatização centralizado, existindo sim, aparelhos de ar condicionado espalhados pelo edifício que são controlados individualmente pelos utilizadores.

Existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica quer para aquecimento de águas sanitárias através de painéis fotovoltaicos e painéis solares respetivamente.

As fachadas exteriores são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado, caixa-de-ar totalmente preenchida por lâ de vidro, pano exterior tem 15cm e o pano interior 11cm. No total apresentam uma espessura de 33cm, e inclui argamassa e reboco tradicional do lado exterior e estuque tradicional do lado interior, sendo que ambas as faces são pintadas. Os vãos são constituídos por caixilharia de alumínio e vidro duplo. As proteções existentes das janelas são com estores laminados pelo interior, sendo possível o ajuste da proteção pelo utilizador.

A metodologia de cálculo para a determinação do coeficiente de transmissão térmica é a mesma que foi utilizada anteriormente, conforme já foi referido nas paredes do HAL.

Estas paredes apresentam um coeficiente de transmissão térmica  $U$  de  $0,57\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ , de acordo com o apresentado na Figura 53.



**Figura 53** - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do Centro de Saúde S. Tiago.

Cerca de 24% da área exposta de paredes exteriores estão orientados para oeste, os restantes estão orientados de forma mais ou menos distribuída em todos os outros quadrantes. Os vãos envidraçados também apresentam-se em maior percentagem na orientação oeste, ou seja, 13,4% da área total de envidraçados.

A espessura das paredes exteriores é de 0,33m.

### 5.3.6. Centro de Saúde de Idanha-a-Nova

O Centro de Saúde de Idanha-a-Nova está localizado na Zona Nova Expansão de Idanha-a-Nova, é uma zona periférica, na Rua Dr. Aprígio Melo Leão de Meireles, com uma altitude de 501,3m. Está integrado na BIS da NUTSIII.

Na Figura 54 pode-se observar a localização, a orientação, a entrada principal e a volumetria do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova.



Figura 54 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova.

Este Centro de Saúde foi construído entre 1994 e 1995, com um aproveitamento das paredes de alvenaria de pedra no exterior. É uma construção com um piso acima do solo e outro piso parcialmente enterrado de menores dimensões para áreas técnicas. Tem cerca de  $1.802\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito de 2,70m. A área útil é de  $1.515,86\text{m}^2$ , sendo que a área da cobertura medida em planta é de  $1.621,78\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $996,81\text{m}^2$ , incluindo a área dos vãos envidraçados de  $251,13\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $2.618,59\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $4.092,82\text{m}^3$  e o fator forma correspondente de 0,640.

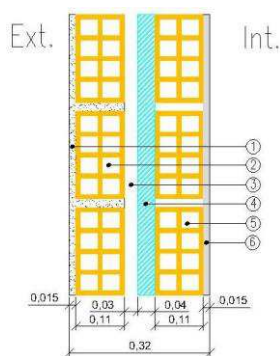
O aquecimento do edifício é feito por caldeira a gás propano liquefeito (GPL) e o arrefecimento é feito por *chillers* a energia elétrica.

Também existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica quer para aquecimento de águas sanitárias através de painéis fotovoltaicos e painéis solares respetivamente.

Das paredes expostas, a maior área está orientada a norte com 32,4%, seguida pelas paredes orientadas a sul com 28,6%, a este com 21,2% e a oeste 17,2%. A maior

área dos vãos envidraçados está orientada a sul com 36,4%, de seguida a norte com 24,8%, a este com 22,3% e a oeste com 16,6%.

As paredes exteriores são constituídas por um misto de alvenarias de pedra, tijolo furado (30x20x11) e paredes duplas de tijolo furado (30x20x11 + 30x20x11), ambas com caixa-de-ar parcialmente preenchidas por isolamento térmico em poliestireno expandido (EPS). Das paredes exteriores, 82% são constituídas por paredes duplas de tijolo furado com caixa-de-ar parcialmente preenchida com isolamento térmico e rebocada no exterior e com estuque no interior, ambas as faces são pintadas e com uma espessura total de 32cm. Os restantes 18%, são paredes com alvenaria de pedra e tijolo furado, com caixa-de-ar parcialmente preenchida com isolamento térmico, com estuque e pintura no interior com uma espessura média de 69,5cm, conforme se pode observar nas Figura 55 e Figura 56. As janelas são constituídas por caixilharia de alumínio na cor castanho, com vidros duplos. As proteções das janelas são efetuadas com estores de lâminas metálicas pelo interior controladas pelos utilizadores de forma manual.

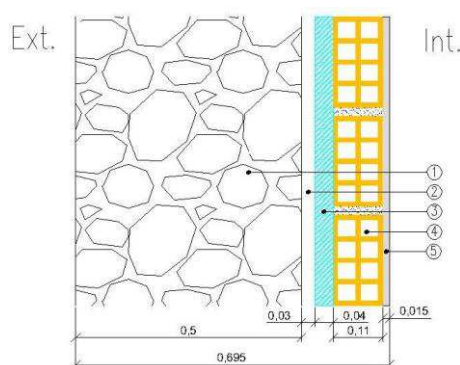


Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x11+cx ar+isol+30x20x11+estuque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC
2 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
3 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
4 Isolamento EPS	0,040	0,042	0,952	
5 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
6 Estuque tradicional	0,015	0,57	0,026	
espessura total		0,320		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04
			Rsi	0,13
			Rt	1,88

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

Coefficiente de transmissão térmica  $U = 1/Rt$  **0,53 W/m²·°C**  
% paredes exteriores com esta constituição 82%

Figura 55 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova com parede dupla de tijolo furado.



Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede alvenaria de pedra com pano interior em tijolo, granito+cx ar+isol+30x20x11+estuque</b>				
1 Alvenaria de pedra granito	0,500	2,80	0,179	ITE 50 LNEC
2 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
3 Isolamento EPS	0,040	0,042	0,952	
4 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
5 Estuque tradicional	0,015	0,57	0,026	
espessura total		0,695		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04
			Rsi	0,13
			Rt	1,777

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

Coefficiente de transmissão térmica  $U = 1/Rt$  **0,56 W/m²·°C**  
% paredes exteriores com esta constituição 18%

MÉDIA **0,54 W/m²·°C**

Figura 56 - Constituição e determinação do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova com parede de alvenaria de pedra e tijolo furado.

Da constituição global, obtém-se um coeficiente de transmissão térmica ponderado de  $0,54W/m^2\cdot^{\circ}C$ . A espessura média ponderada das paredes exteriores é de  $0,39m$ .

### 5.3.7. Centro de Saúde de Penamacor

O Centro de Saúde de Penamacor está localizado na Rua dos Pelames, 6090-572 Penamacor, a uma altitude de 533m, numa zona exposta a sul na extremidade. Também está integrado na BIS da NUTSIII. O edifício apresenta algumas anomalias nas paredes interiores, com problemas de humidades ascensional. É um edifício antigo, onde funcionaram escolas primárias, tendo sido adaptado para a prestação de cuidados de saúde. Em 1984 foi cedido pela Câmara de Municipal de Penamacor ao Ministério da Saúde a título de regime “enquanto funcionar os serviços de saúde”. Sofreu algumas obras de adaptação e ampliação em 1992. Desde então tem tido algumas obras de conservação interior e exterior.

A localização e orientação do Centro de Saúde de Penamacor podem ser observadas na Figura 57, assim como a sua volumetria e fotografia do alçado posterior.

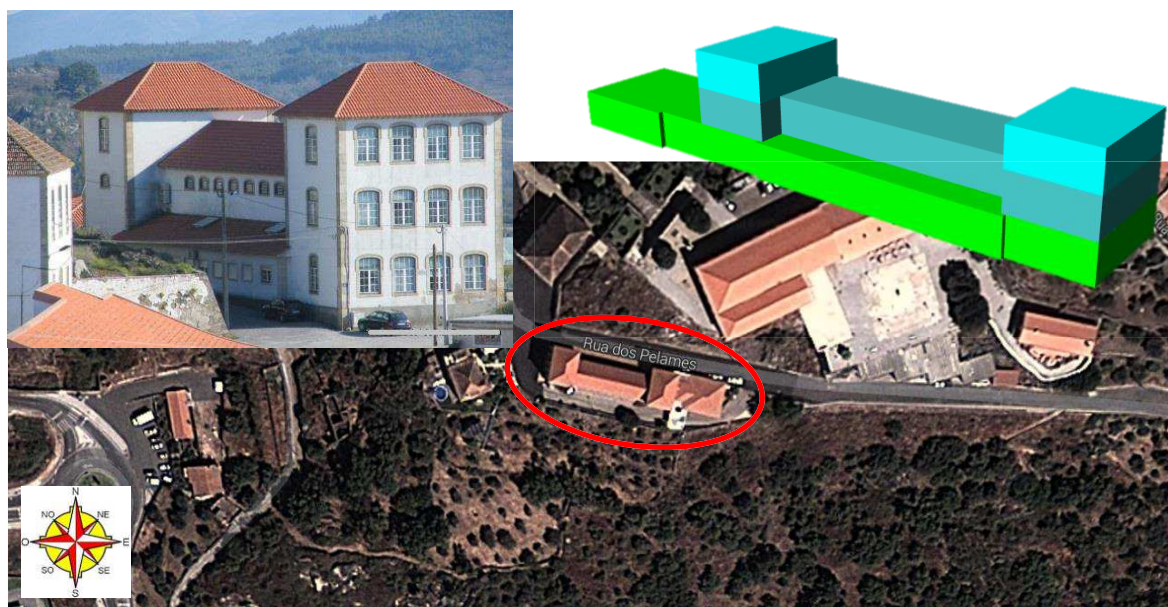


Figura 57 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Penamacor.

O edifício é composto por duas torres laterais com três pisos, um corpo central de dois pisos acima do solo entre as mesmas e uma ampliação na lateral com um piso. Este centro de saúde tem uma área bruta aproximadamente de  $1.210m^2$ , com um pé direito de  $3,2m$ . A área útil é de  $903,53m^2$ , a cobertura medida em planta é de  $700m^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $1.054,40m^2$  incluindo a área dos vãos

envidraçados de  $194,84\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $1.754,40\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $2.891,30\text{m}^3$ . O fator forma correspondente é de 0,607.

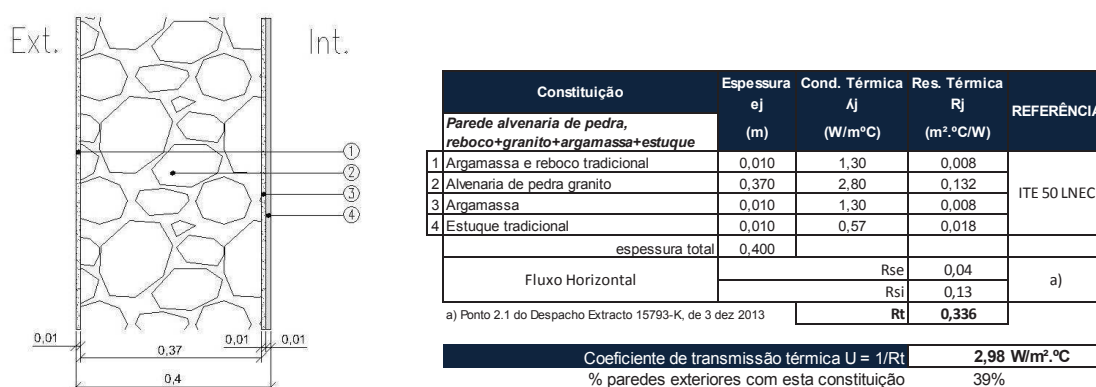
As escadarias estão presentes nas zonas das torres. O rés-do-chão tem áreas para prestação de cuidados de saúde e o primeiro andar tem áreas administrativas e de coordenação. O terceiro piso das torres é utilizado para arrumos e arquivos.

A climatização do edifício é feita por aparelhos de ar condicionado com controlo individual pelos utilizadores, não existindo qualquer fonte de energia renovável.

Como é um edifício geometricamente em planta com forma retangular, os maiores lados estão expostos a norte e a sul, ambos em 34,5% e os lados menores estão expostos a este e oeste, ambos com 14,6%.

As paredes exteriores do edifício antigo são em pedra, rebocadas no exterior, com estuque no interior e pintadas em ambas as faces. Na zona ampliada, as paredes são duplas em tijolo furado ( $30\times 20\times 15 + 30\times 20\times 15$ ), com caixa-de-ar sem isolamento térmico, rebocadas e com estuque no interior e pintura em ambas as faces. Existem dois tipos de alvenarias de pedra, variando apenas a espessura, em que 39% das paredes expostas têm uma espessura total de 40cm e 40% com 80cm. Os restantes 21%, são paredes que foram construídas na zona ampliada e têm uma espessura total de 40cm. A constituição e determinação dos coeficientes de transmissão térmica das diferentes soluções das paredes exteriores podem ser observadas através da Figura 58, 59 e 60.

Os vãos exteriores são de grandes dimensões na parte antiga, com caixilharia em alumínio lacado branco, com vidro simples, e quadrícula colada no interior. As proteções são feitas através de estores de lâminas interiores.



**Figura 58** - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de pedra com 40cm de espessura.

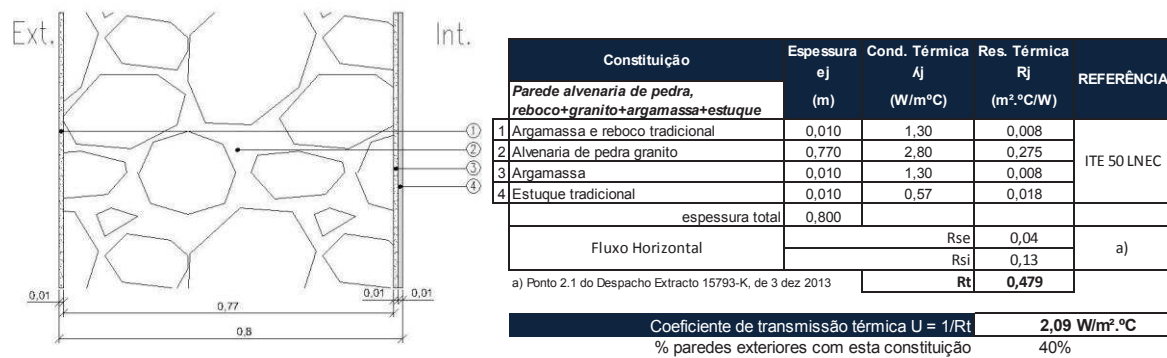


Figura 59 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de pedra com 80cm de espessura.

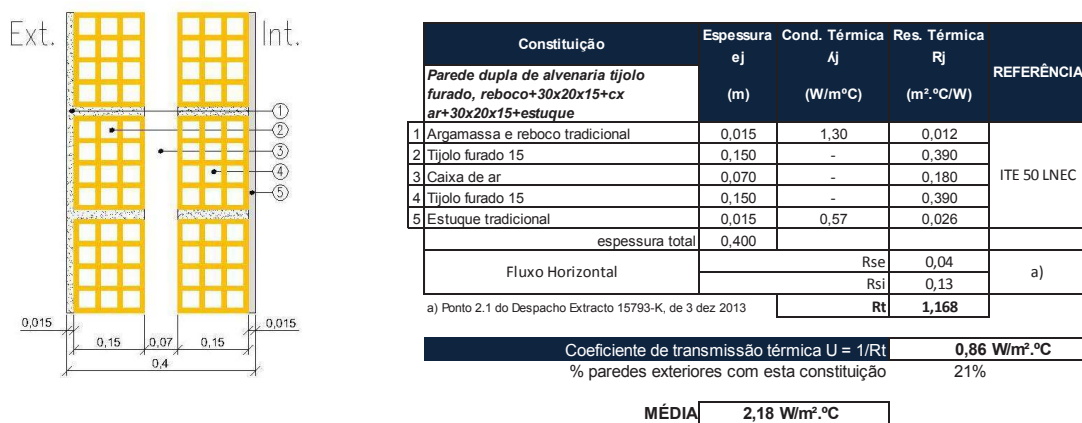


Figura 60 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Penamacor, alvenarias de tijolo furado, com 40cm de espessura.

As paredes de alvenaria de pedra com 40cm de espessura apresentam um coeficiente de transmissão térmica de  $2,98\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  enquanto as de 80cm, apresentam  $2,09\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . As paredes duplas de tijolo furado, apresentam  $0,86\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . No seu conjunto, o coeficiente de transmissão térmica ponderado é de  $2,18\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Tendo em conta as diferentes soluções construtivas, a espessura média ponderada das paredes exteriores é de 0,56m.

### 5.3.8. Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão

Este centro de saúde situa-se numa zona mais baixa da ULS, a uma altitude de 160m, no centro de Vila Velha de Ródão, na Rua Santana, 6030-230 Vila Velha de Ródão. Também integra a BIS da NUTSIII.

Foi construído em 1998, é composto por 3 pisos: rés-do-chão para prestação de cuidados de saúde; primeiro andar para serviços administrativos, lavandaria, esterilização, bar, coordenação; segundo piso está a central técnica, arrumos e

arquivos. Parte do piso do rés-do-chão encontra-se enterrada. O terreno é inclinado de tal forma que a cota do segundo piso na parte superior coincide com a soleira da entrada para a central técnica.

É um edifício em bom estado de conservação, não se verificando problemas de maior, apenas pequenas fissuras decorrentes da dilatação entre diferentes materiais.

Este centro de saúde tem cerca de  $1.231\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito de 3m. A área útil é de  $905,19\text{m}^2$ , a cobertura medida em planta é de  $750,98\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $867,26\text{m}^2$  incluindo a área dos vãos envidraçados de  $108,93\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $1.618,24\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $2.715,57\text{m}^3$  e o fator forma resultante de 0,596.

Na Figura 61 pode-se observar a entrada principal, o alçado lateral, a localização, a orientação e a volumetria do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão.



**Figura 61** - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão.

O aquecimento do edifício é feito com recurso a duas caldeiras a GPL e o arrefecimento por *chiller* com energia elétrica.

Existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica quer para aquecimento de águas sanitárias através de painéis fotovoltaicos e painéis solares respetivamente.

As paredes expostas têm uma maior área orientada para sudeste, com 35% da área total, outros 18,6% para noroeste, 15,9% para nordeste, 10,9% para sudoeste, 9,1% para oeste, 5,5% para norte e 4,9% para este. A maior área envidraçada encontra-se orientada para nordeste, com 53,1%, seguindo-se 25% para sudeste, 10,7% para noroeste, 6,2% para este, 2,6% para norte e 2,5% para oeste.

As paredes exteriores são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado (30x20x15 + 30x20x11), com caixa-de-ar parcialmente preenchida com lã de vidro, rebocada no exterior e com estuque no interior, ambas as faces são pintadas na cor branca. O coeficiente de transmissão térmica  $U$  é de  $0,52\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$  conforme a Figura 62. A espessura das paredes exteriores é de  $0,35\text{m}$ .

Os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia de alumínio na cor branca, com vidro duplo, com quadrículas e proteção por cortina de correr no interior.

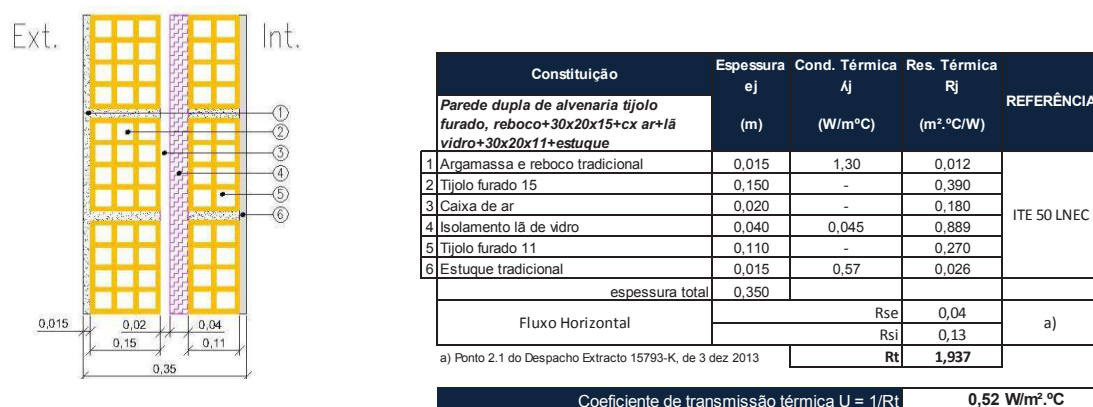


Figura 62 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão.

### 5.3.9. Centro de Saúde de Oleiros

O Centro de Saúde de Oleiros está localizado numa zona central, na Rua Dr. Barata Relvas, 6160-680 Oleiros e integra a zona NUTSIII do Pinhal Interior Sul (PIS). Foi construído entre 2007 e 2010 e entrou em funcionamento no final de 2010.

Este edifício apresenta-se em planta com forma de “V” voltado para norte, é constituído por dois pisos, sendo o do rés-do-chão para prestação de cuidados de saúde e o primeiro andar para serviços administrativos e de coordenação. Tem cerca de  $1.674\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito de 3m. A área útil é de  $1.411,27\text{m}^2$ , sendo que área da cobertura medida em planta é de  $1.183,37\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $1.010,85\text{m}^2$  incluindo-se a área dos vãos envidraçados de  $137,99\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $2.194,22\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $4.233,81\text{m}^3$ . O fator forma correspondente é de 0,518.

Na Figura 63 pode ser observada a forma do volume, a localização, o alçado principal e a orientação do Centro de Saúde de Oleiros.

O aquecimento do edifício é feito com uso de duas caldeiras a GPL e o arrefecimento é feito com *chiller*. Não existe qualquer sistema com energias renováveis.

Apesar de ser um edifício recente, já se detetam algumas zonas no exterior com problemas de descasque da pintura e algumas fissuras pouco relevantes.

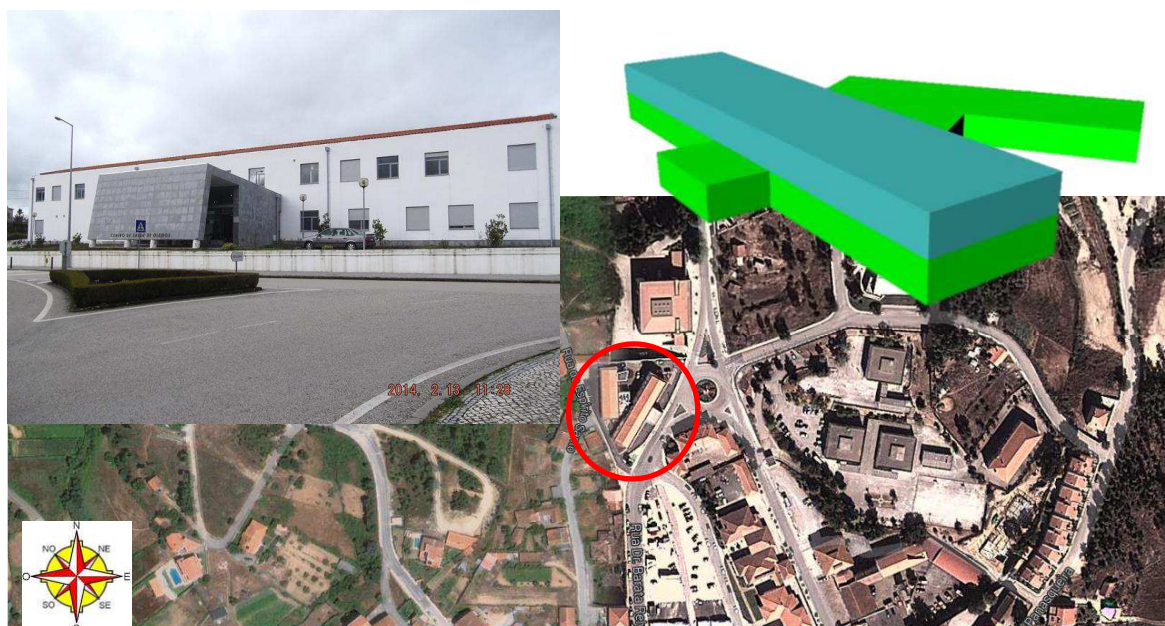


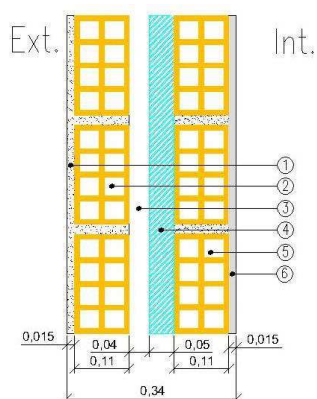
Figura 63 - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Oleiros.

A maior área de paredes exteriores está orientada para sudeste, com 29,5% da área total e a noroeste com 26,4%. Nas outras orientações, verificam-se ordens de grandezas semelhantes, com percentagens variáveis entre os 4,5% e os 9,8%.

Também a maior área envidraçada está orientada para sudeste, com 46,6% da área total, seguindo-se 21,2% para noroeste, 11,4% para oeste, 7,7% para este, 6% para nordeste e 2,4% tanto para norte, para sul e para sudoeste.

As paredes exteriores são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado (30x20x11 + 30x20x11), com caixa-de-ar parcialmente preenchida com isolamento térmico XPS, rebocadas no exterior e com estuque no interior, sendo ambas as faces pintadas na cor branca. O coeficiente de transmissão térmica  $U$  é de  $0,43\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  conforme a Figura 64. A espessura das paredes exteriores é de 0,34m.

Os vãos exteriores são constituídos por caixilharia de alumínio na cor cinza, com vidros duplos e estores com lâminas de plástico no exterior na cor branca.



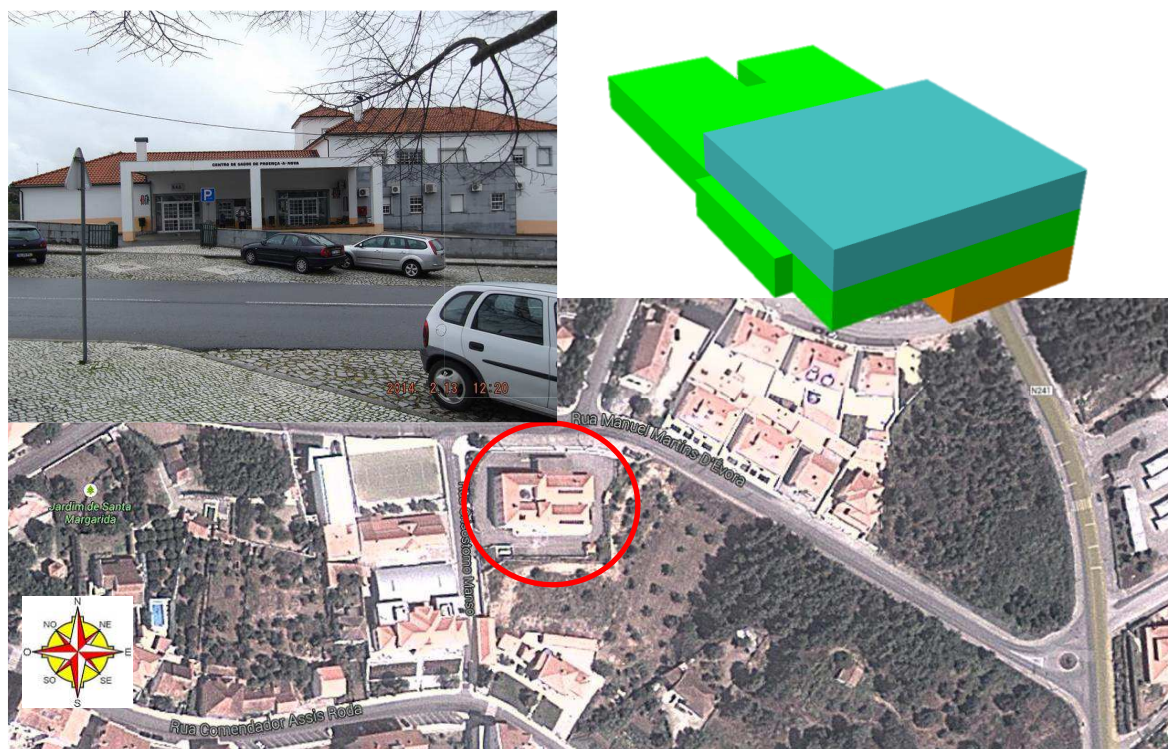
Constituição	Espessura $e_j$ (m)	Cond. Térmica $A_j$ ( $\text{W/m}^\circ\text{C}$ )	Res. Térmica $R_j$ ( $\text{m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$ )	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x11+cx ar+isol+30x20x11+estuque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC
2 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
3 Caixa de ar	0,040	-	0,180	
4 Isolamento XPS	0,050	0,037	1,351	
5 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
6 Estuque projetado	0,015	0,30	0,050	
espessura total		0,340		
Fluxo Horizontal			Rse	0,04
			Rsi	0,13
			Rt	2,303
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013				
Coeficiente de transmissão térmica $U = 1/Rt$				<b>0,43 <math>\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}</math></b>

Figura 64 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Oleiros.

### 5.3.10. Centro de Saúde de Proença-a-Nova

O Centro de Saúde de Proença-a-Nova está localizado numa zona central, na Rua Manuel Martins D' Évora, 6150-909 Proença-a-Nova, na zona do PIS da NUTSIII. A sua localização pode ser observada na Figura 65, bem como a sua orientação, a volumetria e o alçado principal.

Foi construído em 1996 e é composto por três pisos, sendo o piso da cave parcialmente enterrado.



**Figura 65** - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Proença-a-Nova.

O edifício tem cerca de  $1.424\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito médio de 2,9m. A área útil é de  $1.208.17\text{m}^2$ , sendo que a cobertura medida em planta tem uma área de  $862,07\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $689,82\text{m}^2$  incluindo a área dos vãos envidraçados de  $97,28\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $1.551,89\text{m}^2$  sendo o volume interior do edifício de  $3.503,69\text{m}^3$ . O fator forma correspondente é de 0,443.

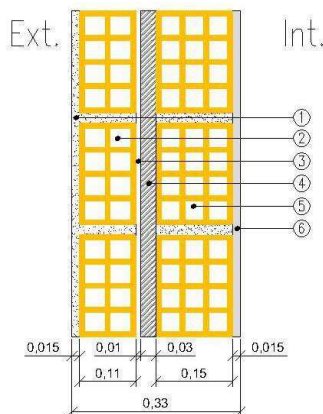
O aquecimento do edifício é realizado por caldeira a GPL e o arrefecimento é por ventilação mecânica. Existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica, quer para o aquecimento de águas sanitárias através de painéis fotovoltaicos e de painéis solares respetivamente.

Este centro de saúde apresenta alguns problemas de fissuração e de descasque da tinta junto às caixas de visita das águas pluviais.

A maior área de parede exterior exposta está orientada para sul com 32,9% da área total, seguindo-se 27% orientada a norte, 22,1% a oeste e os restantes 18% a este. Os vãos envidraçados estão orientados em maior quantidade para norte, ou seja, 38,5% da área total, 34,2% para sul, 14,8% para oeste e 12,5% para este.

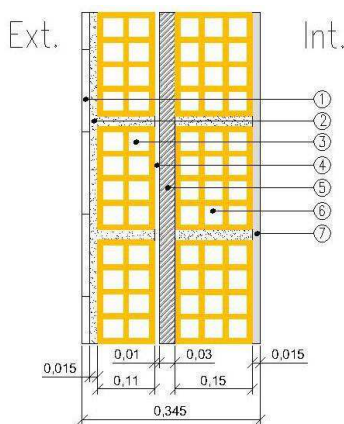
A constituição principal das paredes exteriores é dupla com tijolo furado (30x20x11+30x20x15), conforme a Figura 66, com caixa-de-ar parcialmente preenchida com poliestireno extrudido, rebocadas e com estuque tradicional no interior, ambas as faces são pintadas na cor branca.

As paredes exteriores são praticamente iguais em termos de constituição na totalidade do edifício, apenas 8% tem a mais uma camada de pedra de revestimento no exterior, conforme a Figura 67.



Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x11+cx ar+isol+30x20x15+estuque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC
2 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
3 Caixa de ar	0,010	-	0,180	
4 Poliestireno extrudido	0,030	0,037	0,811	
5 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
6 Estuque tradicional	0,015	0,57	0,026	
espessura total	0,330			
Fluxo Horizontal	Rse		0,04	a)
	Rsi		0,13	
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013			Rt	1,859
Coeficiente de transmissão térmica U = 1/Rt				0,54 W/m²·°C
% paredes exteriores com esta constituição				92%

Figura 66 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Proença-a-Nova.



Constituição	Espessura ej (m)	Cond. Térmica Aj (W/m°C)	Res. Térmica Rj (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, pedra + argamassa +30x20x11+cx ar+isol+30x20x15+estuque</b>				
1 Pedra de revestimento	0,015	1,30	0,012	ITE 50 LNEC
2 Argamassa e reboco tradicional	0,015	1,30	0,012	
3 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
4 Caixa de ar	0,010	-	0,180	
5 Poliestireno extrudido	0,030	0,037	0,811	
6 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
7 Estuque tradicional	0,015	0,57	0,026	
espessura total	0,345			
Fluxo Horizontal	Rse		0,04	a)
	Rsi		0,13	
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013			Rt	1,871
Coeficiente de transmissão térmica U = 1/Rt				0,53 W/m²·°C
% paredes exteriores com esta constituição				8%

MÉDIA 0,54 W/m²·°C

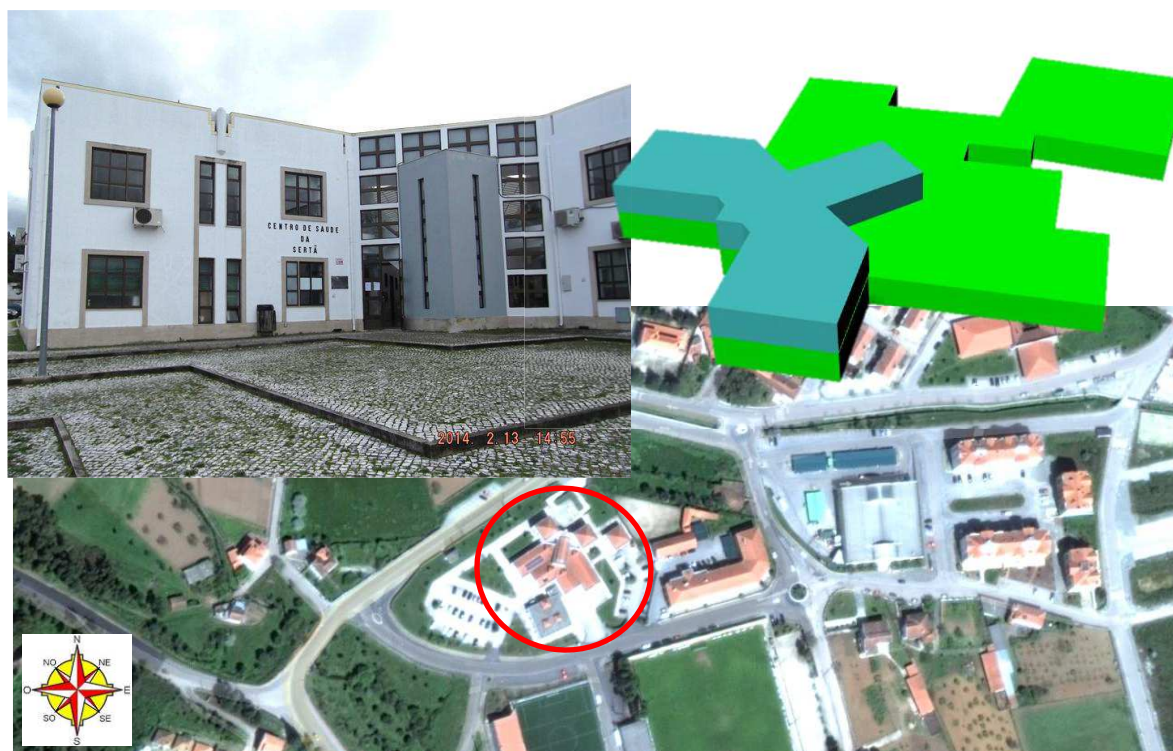
Figura 67 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Proença-a-Nova com revestimento em pedra no exterior.

Os coeficientes de transmissão térmica  $U$  são muito semelhantes, dando origem a um  $U$  ponderado de  $0,54\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$ . A espessura média ponderada das paredes exteriores é de  $0,33\text{m}$ .

### 5.3.11. Centro de Saúde de Sertã

Este centro de saúde foi construído em 1992 e está localizado na zona central de Sertã, na Abegoaria, 6100-601 Sertã, no Pinhal Interior Sul, zona NUTSIII.

Apresenta uma volumetria de acordo com a Figura 68 e a sua localização orientação e entrada principal podem ser visualizados na mesma figura.



**Figura 68** - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Sertã.

O edifício é composto por dois pisos, sendo o rés-do-chão para prestação de cuidados de saúde e o primeiro andar para áreas administrativas e de coordenação.

A climatização de alguns gabinetes é realizada com recurso a aparelhos de ar condicionado instalados, com a possibilidade de serem controlados pelos utilizadores.

Existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica quer para aquecimento de águas sanitárias, através de painéis fotovoltaicos e painéis solares respetivamente.

O edifício possui cerca de 1.864m<sup>2</sup> de área bruta e um pé direito médio de 3,2m. A área útil é de 1.468,42m<sup>2</sup>, com uma área de cobertura medida em planta de 1.481,70m<sup>2</sup>. A área total das fachadas expostas é de 1.179,91m<sup>2</sup> incluindo a área dos vãos envidraçados de 185,94m<sup>2</sup>. A área total exposta é de 2.661,61m<sup>2</sup>. O volume interior do edifício é de 4.698,94m<sup>3</sup> e o fator de forma correspondente é de 0,566.

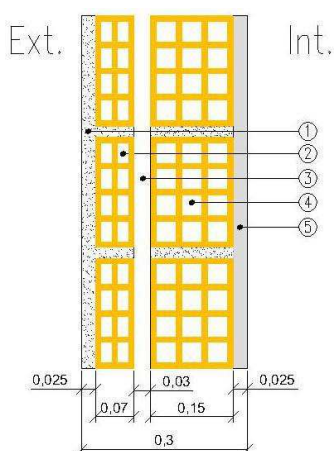
As paredes exteriores estão orientadas em todos os quadrantes, sendo que das paredes expostas, 22,1% estão orientados para noroeste, 21% para nordeste, 20% para sudeste, 18,7% para sudoeste, 6,4% para sul, 4,2 % para este / oeste e 3,4% para norte.

As áreas dos vãos exteriores seguem mais ou menos a mesma orientação que as áreas das paredes exteriores, a noroeste 26,4% da área total, a nordeste 21,8%, a sudeste 15,2%, a norte 8,4%, a este/ oeste 6,2%, a sudoeste 3,9% e a sul 1,8%.

Este edifício tem sofrido algumas melhorias em termos de conservação, nomeadamente em relação a pinturas interiores e exteriores, no entanto, existem muitos problemas de infiltrações e de humidades devido a deficiência da cobertura.

As paredes exteriores são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado (30x20x7 + 30x20x15), com caixa-de-ar sem isolamento térmico, rebocadas no exterior e com estuque tradicional no interior, ambas as faces são pintadas na cor branco, com um total de 33cm de espessura. Esta solução construtiva apresenta um coeficiente de transmissão térmica U de 1,01W/m<sup>2</sup>.°C conforme a Figura 69.

Os vãos exteriores são constituídos por caixilharia de alumínio na cor castanho, com vidros simples. A maior parte dos vãos não possui qualquer tipo de proteção, outros têm estores com lâminas de plástico no exterior na cor branca e outros com lâminas metálicas no interior.



Constituição	Espessura e <sub>j</sub> (m)	Cond. Térmica λ <sub>j</sub> (W/m°C)	Res. Térmica R <sub>j</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x7+cx ar+30x20x15+estuque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,025	1,30	0,019	ITE 50 LNEC
2 Tijolo furado 7	0,070	-	0,190	
3 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
4 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
5 Estuque tradicional	0,025	0,57	0,044	
espessura total		0,300		
Fluxo Horizontal			R <sub>se</sub>	0,04
			R <sub>si</sub>	0,13
			R <sub>t</sub>	0,993
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013				
Coeficiente de transmissão térmica U = 1/R <sub>t</sub>				<b>1,01 W/m<sup>2</sup>.°C</b>

Figura 69 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde da Sertã.

### 5.3.12. Centro de Saúde de Vila de Rei

O Centro de Saúde de Vila de Rei está localizado na Rua Dr. Eduardo Castro, 6110-218 Vila de Rei, integrante da zona PIS da NUTSIII. A localização em pormenor pode visualizada na Figura 70, bem como a sua volumetria, orientação e foto do alçado principal.

É uma reconstrução recente, foi aproveitado o edifício antigo mantendo a arquitetura original na fachada principal, as restantes zonas sofreram algumas alterações de ampliação. Estas obras foram realizadas entre 2004 e 2008.



**Figura 70** - Foto geral em cima e à esquerda, volumetria em cima e à direita e localização em baixo, do Centro de Saúde de Vila de Rei.

Também existem sistemas de energias renováveis quer para microprodução de energia elétrica quer para aquecimento de águas sanitárias através de painéis fotovoltaicos e painéis solares respetivamente.

O edifício tem dois pisos, sendo o rés-do-chão para prestação de cuidados de saúde e o primeiro andar utilizado para arquivos e arrumos.

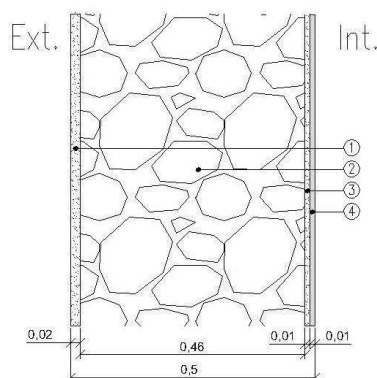
O centro de saúde pode ser considerado como uma obra recente, mas em algumas zonas verifica-se a existência de paredes em pedra, onde existem problemas de humidade ascensional.

Este centro de saúde tem cerca de  $1.660\text{m}^2$  de área bruta e um pé direito médio de 3m. A área útil é de  $1.392,97\text{m}^2$  e a cobertura medida em planta de  $1.723,95\text{m}^2$ . A área total das fachadas expostas é de  $1.173,73\text{m}^2$  incluindo a área dos vãos envidraçados de  $189,62\text{m}^2$ . A área total exposta é de  $2.897,68\text{m}^2$ . O volume interior do edifício é de  $4.178,91\text{m}^3$ . O fator forma correspondente é de 0,693.

Das paredes exteriores, 25,9% estão orientadas para noroeste e outros 25,9% estão orientados para sudeste, 24,1% para nordeste e 24,1% para sudoeste. Os vãos exteriores possuem a seguinte orientação: 27,4% para noroeste, 27% para nordeste, 24% para sudoeste e 21,6% para sudeste.

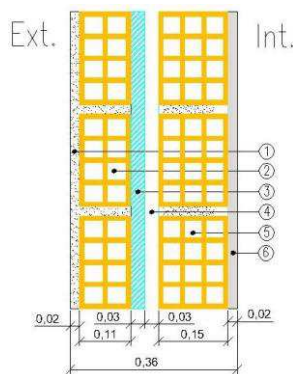
Neste centro de saúde existem três tipos diferentes de paredes exteriores, com diferentes constituições:

- i) o primeiro tipo, conforme a Figura 71, é encontrado com cerca de 51% das paredes exteriores, com alvenaria de pedra, rebocada em ambas as faces e no interior com estuque e pintadas a branco quer no interior quer no exterior, com um coeficiente de transmissão térmica U alto, na ordem dos  $2,6\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ;
- ii) o segundo tipo em 34% das paredes exteriores, é constituído por paredes duplas de tijolo furado ( $30\times 20\times 11+30\times 20\times 15$ ) com caixa-de-ar parcialmente preenchida por isolamento térmico XPS colocado junto ao pano de tijolo do exterior, rebocadas no exterior e com estuque projetado no interior, ambas as faces são pintadas na cor branca, conforme a Figura 72. Este tipo de parede melhorou substancialmente face ao primeiro tipo em termos de coeficiente de transmissão térmica, passando-se de  $2,6\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$  para  $0,53\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ;
- iii) o terceiro tipo de parede é idêntico ao anterior, no entanto na parte exterior ao invés de estarem pintadas, as mesmas estão revestidas com pedra e pode ser visualizado na Figura 73.



Constituição	Espessura e <sub>j</sub> (m)	Cond. Térmica λ <sub>j</sub> (W/m°C)	Res. Térmica R <sub>j</sub> (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede alvenaria de pedra reboco+granito+argamassa+estuque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,30	0,015	ITE 50 LNEC
2 Alvenaria de pedra granito	0,460	2,80	0,164	
3 Argamassa	0,010	1,30	0,008	
4 Estuque projetado	0,010	0,30	0,033	
espessura total	0,500			
Fluxo Horizontal			R <sub>se</sub>	0,04
			R <sub>si</sub>	0,13
			R <sub>t</sub>	<b>0,39</b>
a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013				
<b>Coeficiente de transmissão térmica U = 1/R<sub>t</sub></b>				<b>2,56 W/m²·°C</b>
% paredes exteriores com esta constituição				51%

Figura 71 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de pedra.

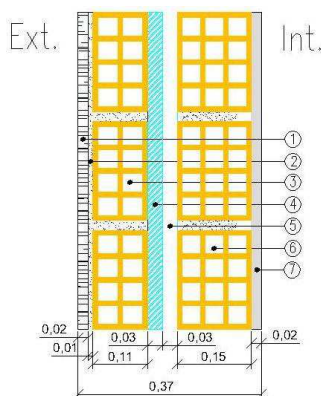


Constituição	Espessura e <sub>j</sub> (m)	Cond. Térmica λ <sub>j</sub> (W/m°C)	Res. Térmica R <sub>j</sub> (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, reboco+30x20x11+isol+cx ar+30x20x15+estruque</b>				
1 Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,30	0,015	ITE 50 LNEC
2 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
3 Isolamento XPS	0,030	0,037	0,811	
4 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
5 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
6 Estruque projetado	0,020	0,30	0,067	
espessura total		0,360		
Fluxo Horizontal			R <sub>se</sub>	0,04
			R <sub>si</sub>	0,13
			R <sub>t</sub>	1,903

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

Coefficiente de transmissão térmica U = 1/R <sub>t</sub>	<b>0,53 W/m²·°C</b>
% paredes exteriores com esta constituição	34%

Figura 72 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de tijolo.



Constituição	Espessura e <sub>j</sub> (m)	Cond. Térmica λ <sub>j</sub> (W/m°C)	Res. Térmica R <sub>j</sub> (m²·°C/W)	REFERÊNCIA
<b>Parede dupla de alvenaria tijolo furado, pedra+ argamassa+ 30x20x11+isol+ cx ar+ 30x20x15+ estuque</b>				
1 Pedra de revestimento exterior 1m altura	0,020	1,30	0,015	ITE 50 LNEC
2 Argamassa	0,010	1,30	0,008	
3 Tijolo furado 11	0,110	-	0,270	
4 Isolamento XPS	0,030	0,037	0,811	
5 Caixa de ar	0,030	-	0,180	
6 Tijolo furado 15	0,150	-	0,390	
7 Estruque projetado	0,020	0,30	0,067	
espessura total		0,370		
Fluxo Horizontal			R <sub>se</sub>	0,04
			R <sub>si</sub>	0,13
			R <sub>t</sub>	1,911

a) Ponto 2.1 do Despacho Extracto 15793-K, de 3 dez 2013

Coefficiente de transmissão térmica U = 1/R <sub>t</sub>	<b>0,52 W/m²·°C</b>
% paredes exteriores com esta constituição	15%

<b>MÉDIA</b>	<b>1,56 W/m²·°C</b>
--------------	---------------------

Figura 73 - Constituição das paredes exteriores do Centro de Saúde de Vila de Rei, com alvenaria de tijolo e revestimento de pedra no exterior.

Em termos globais, o coeficiente de transmissão térmica U ponderado é de 1,56W/m²·°C e a espessura média ponderada das paredes exteriores é de 0,43m.

### 5.3.13. Resumo dimensional dos edifícios da ULS em estudo

De acordo com os cálculos realizados e apresentados no ponto anterior, apresenta-se a Tabela 18 que permite comparar o pé-direito, as áreas brutas, áreas úteis, volumes interiores, áreas de cobertura medidas em planta, áreas de fachadas expostas, áreas totais expostas e áreas dos envidraçados dos diversos centros de saúde e do hospital.

Para cada edifício foram calculadas as áreas de fachadas e dos vãos envidraçados por orientação, sendo as mesmas apresentadas nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 18 - Resumo do levantamento dimensional das instalações em estudo da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	N.º DE PISOS	PÉ DIREITO MÉDIO	ÁREA BRUTA	ÁREA ÚTIL	VOLUME INTERIOR	ÁREA COBERTURA EM PLANTA	ÁREA TOTAL DE FACHADAS EXPOSTAS	ÁREA TOTAL EXPOSTA	ÁREA TOTAL DE ENV.
			Pd	Ab	Au	V	Acob*	Afach	Aexp = Afach+Acob*	Aenv
			(m)	m²	(m²)	(m³)	(m²)	(m²)	(m²)	(m²)
BIS	HAL	9	3,0	28.050,22	17.447,58	52.342,74	9.308,16	11.327,82	20.635,98	1.765,95
	CS S. MIGUEL	2	3,5	3.493,58	2.075,95	7.265,83	1.604,65	2.303,35	3.908,00	282,08
	CS S. TIAGO	2	3,0	1.652,81	1.432,89	4.298,67	851,09	996,36	1.847,45	219,07
	CS IDANHA-A-NOVA	2	2,7	1.802,00	1.515,86	4.092,82	1.621,78	996,81	2.618,59	251,13
	CS PENAMACOR	3	3,2	1.210,52	903,53	2.891,30	700,00	1.054,40	1.754,40	194,84
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	3	3,0	1.230,98	905,19	2.715,57	750,98	867,26	1.618,24	108,93
PIS	CS OLEIROS	2	3,0	1.673,83	1.411,27	4.233,81	1.183,37	1.010,85	2.194,22	137,99
	CS PROENÇA-A-NOVA	3	2,9	1.423,59	1.208,17	3.503,69	862,07	689,82	1.551,89	97,28
	CS SERTÃ	2	3,2	1.863,61	1.468,42	4.698,94	1.481,70	1.179,91	2.661,61	185,94
	CS VILA DE REI	2	3,0	1.659,73	1.392,97	4.178,91	1.723,95	1.173,73	2.897,68	189,62
<b>TOTAIS</b>				<b>44.060,87</b>	<b>29.761,83</b>	<b>90.222,28</b>	<b>20.087,75</b>	<b>21.600,30</b>	<b>41.688,05</b>	<b>3.432,82</b>

Tabela 19 - Áreas de paredes expostas por orientação.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ÁREA PAREDES EXPOSTAS							
		Afachexp							
		N (m²)	NE (m²)	E (m²)	SE (m²)	S (m²)	SW (m²)	W (m²)	NW (m²)
BIS	HAL	3.652,92	377,82	1.126,11	221,58	3.787,05	432,48	1.611,39	118,47
	CS S. MIGUEL	0,00	572,60	0,00	578,73	0,00	572,60	0,00	579,43
	CS S. TIAGO	93,30	122,73	85,98	158,91	118,80	40,62	242,28	133,74
	CS IDANHA-A-NOVA	322,70	0,00	210,87	0,00	284,63	0,00	178,61	0,00
	CS PENAMACOR	373,60	0,00	153,60	0,00	373,60	0,00	153,60	0,00
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	48,00	137,82	42,48	303,45	0,00	94,80	79,02	161,69
PIS	CS OLEIROS	57,03	90,90	68,58	298,68	45,63	84,15	98,85	267,03
	CS PROENÇA-A-NOVA	186,45	0,00	123,90	0,00	227,22	0,00	152,25	0,00
	CS SERTÃ	40,70	247,42	49,13	236,44	75,90	220,76	49,13	260,44
	CS VILA DE REI	0,00	283,17	0,00	303,81	0,00	283,14	0,00	303,62
<b>Total</b>		<b>4.774,70</b>	<b>1.832,46</b>	<b>1.860,64</b>	<b>2.101,59</b>	<b>4.912,83</b>	<b>1.728,55</b>	<b>2.565,13</b>	<b>1.824,41</b>

Tabela 20 - Áreas dos envidraçados por orientação.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ÁREA ENVIDRAÇADOS							
		N (m²)	NE (m²)	E (m²)	SE (m²)	S (m²)	SW (m²)	W (m²)	NW (m²)
		BIS	HAL	541,74	60,84	101,57	31,32	836,92	70,52
CS S. MIGUEL	0,00		88,17	0,00	61,54	0,00	77,25	0,00	55,12
CS S. TIAGO	31,08		29,00	26,58	20,72	16,02	7,23	56,52	31,93
CS IDANHA-A-NOVA	62,17		0,00	55,96	0,00	91,38	0,00	41,63	0,00
CS PENAMACOR	47,40		0,00	26,40	0,00	85,04	0,00	36,00	0,00
CS VILA VELHA DE RÓDÃO	2,80		57,79	6,72	27,27	0,00	0,00	2,68	11,67
PIS	CS OLEIROS	3,25	8,25	10,63	64,37	3,25	3,25	15,75	29,25
	CS PROENÇA-A-NOVA	37,40	0,00	12,18	0,00	33,30	0,00	14,40	0,00
	CS SERTÃ	15,62	40,60	11,58	28,25	3,28	25,88	11,58	49,15
	CS VILA DE REI	0,00	51,14	0,00	41,03	0,00	45,43	0,00	52,03
<b>Total</b>		<b>741,45</b>	<b>335,79</b>	<b>251,61</b>	<b>274,50</b>	<b>1.069,19</b>	<b>229,55</b>	<b>301,60</b>	<b>229,14</b>

O fator forma corresponde à relação entre a área total exposta e o volume interior, na Tabela 21, são demonstrados os resultados obtidos para os edifícios em estudo. Os fatores forma rondam os valores entre 0,394 e 0,693.

Outros fatores, para além do fator forma, foram calculados, conforme a Tabela 21, com indicação a cor verde do menor valor e a laranja do maior valor.

Na relação entre as áreas de fachadas expostas e as áreas brutas, o Centro de Saúde de Penamacor tem o maior valor, isto é, a área de fachadas expostas deste centro de saúde tem 87,1% da área bruta, com um valor de 0,871 na tabela, e o que tem menor valor é o do Hospital Amato Lusitano com 0,404.

Na relação entre as áreas de fachadas expostas e as áreas úteis de pavimento, o que tem maior valor é o Centro de Saúde de Penamacor com 1,167, ou seja, a área de fachadas expostas neste caso é maior do que a área útil 1,167 vezes, e o menor é o de Proença-a-Nova com 0,571.

Na relação das áreas de fachadas expostas com as áreas de cobertura medidas em planta, o que tem maior valor é o Centro de Saúde de Penamacor com 1,506, e o menor é o de Idanha-a-Nova com 0,615.

Na relação entre as áreas de envidraçados com as áreas de fachadas expostas, o que tem maior valor é o do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova com 0,252, e o menor é o Centro de Saúde de S. Miguel, com 0,615.

Na relação dos vãos envidraçados com a área útil de pavimento, o Centro de Saúde de Penamacor tem o maior valor, de 0,216. O menor valor nesta relação é o do Hospital Amato Lusitano, com 0,101.

A relação entre as áreas úteis e brutas, indicam qual o aproveitamento dos espaços interiores comparativamente com a área bruta, Dos resultados obtidos através da Tabela 21, podemos observar que o edifício que tem melhor aproveitamento em termos de espaço útil é o Centro de Saúde de S. Tiago, uma vez que o valor de 1,153 é o menor de todos. Em planta, a geometria deste edifício é octogonal, o que poderá explicar esta relação. O que tem pior aproveitamento do espaço útil é o Centro de Saúde S. Miguel, pois apresenta o maior valor, este facto justifica-se por existirem espaços interiores que interferem no cálculo da área bruta e não são espaços úteis.

Na relação entre as áreas de cobertura medidas em planta e as áreas brutas, o Centro de Saúde de Vila de Rei é o que tem maior valor, e o Hospital Amato Lusitano é o que tem menor valor.

Tabela 21 - Fator forma FF e outros fatores

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	OUTROS FATORES							FACTOR FORMA FF= Aexp/V
		Afach/Ab	Afach/Au	Afach/Acob	Aenv/Afach	Aenv/Au	Ab/Au	Acob/Ab	
BIS	HAL	0,404	0,649	1,217	0,156	0,101	1,608	0,332	0,394
	CS S. MIGUEL	0,659	1,110	1,435	0,122	0,136	1,683	0,459	0,538
	CS S. TIAGO	0,603	0,695	1,171	0,220	0,153	1,153	0,515	0,430
	CS IDANHA-A-NOVA	0,553	0,658	0,615	0,252	0,166	1,189	0,900	0,640
	CS PENAMACOR	0,871	1,167	1,506	0,185	0,216	1,340	0,578	0,607
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,705	0,958	1,155	0,126	0,120	1,360	0,610	0,596
PIS	CS OLEIROS	0,604	0,716	0,854	0,137	0,098	1,186	0,707	0,518
	CS PROENÇA-A-NOVA	0,485	0,571	0,800	0,141	0,081	1,178	0,606	0,443
	CS SERTÃ	0,633	0,804	0,796	0,158	0,127	1,269	0,795	0,566
	CS VILA DE REI	0,707	0,843	0,681	0,162	0,136	1,192	1,039	0,693

Em que:

Afach = área total de fachadas expostas (m<sup>2</sup>);

Ab = área bruta do edifício (m<sup>2</sup>);

Au = área útil de pavimento do edifício (m<sup>2</sup>);

Acob = área de cobertura medida em planta do edifício (m<sup>2</sup>);

Aenv = área total dos envidraçados (m<sup>2</sup>)

FF = fator forma;

Aexp = área total exposta do edifício (Afach+Acob) (m<sup>2</sup>).

**Tabela 22** - Anos de construção e novas obras de remodelação de cada edifício da ULS em estudo.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ANO DE CONSTRUÇÃO	ANO DE RECONSTRUÇÃO / AMPLIAÇÃO
BIS	HAL	1977	2006
	CS S. MIGUEL	2008	
	CS S. TIAGO	1992	
	CS IDANHA-A-NOVA	Desconhecido, adotou-se anterior a 1977	1995
	CS PENAMACOR	Desconhecido, adotou-se anterior a 1977	1992
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1998	
PIS	CS OLEIROS	2009	
	CS PROENÇA-A-NOVA	1996	
	CS SERTÃ	1992	
	CS VILA DE REI	Desconhecido, adotou-se anterior a 1977	2005

Para avaliar a evolução da construção dos edifícios da ULS, a Tabela 22 indica os anos de construção bem como os anos em que houve reconstrução ou ampliação.

Como se pode observar pela Figura 74, os coeficientes de transmissão térmica têm vindo a diminuir, em parte por obrigação da legislação em vigor e por outro lado com o acompanhamento da evolução dos materiais de construção e das soluções construtivas, no entanto verificou-se que o valor do coeficiente de transmissão térmica U do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão, em 1998, é melhor que o do Centro de Saúde de Vila de Rei em 2005, uma vez que quanto menor for este valor U, melhor desempenho terá a solução construtiva.

ANTERIOR A 1977	1977	1992	1995	1996	1998	2005	2006	2008	2009
PENAMACOR	HAL	S. TIAGO	IDANHA-A-NOVA	PROENÇA-A-NOVA	V. V. RÓDÃO	VILA DE REI	HAL	S. MIGUEL	OLEIROS
VILA DE REI									
$2,09 \leq U \leq 2,98$ W/m <sup>2</sup> .°C	$0,77 \leq U \leq 0,98$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,57$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,53$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,54$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,52$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,53$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,49$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,46$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,43$ W/m <sup>2</sup> .°C
		SERTÁ							
		$U = 1,01$ W/m <sup>2</sup> .°C	$U = 0,56$ W/m <sup>2</sup> .°C						

Figura 74 - Evolução da tipologia utilizada na construção de paredes dos edifícios em estudo da ULS.

Segundo a legislação em vigor para edifícios de serviços na Portaria n.º 349D/2013, de 2 de dezembro, e de acordo com as zonas climáticas, os coeficientes de transmissão térmica de referência para elementos opacos verticais em contacto com o exterior são de 0,60W/m<sup>2</sup>.°C para zonas I2 e de 0,70W/m<sup>2</sup>.°C para I1. Os valores máximos admissíveis são respetivamente para I2 e I1, de 1,60W/m<sup>2</sup>.°C e 1,75W/m<sup>2</sup>.°C segundo a mesma portaria (Port\_349D, 2013).

Com base nos valores em estudo, nos de referência e nos máximos admissíveis, pode-se aplicar a expressão (25), que tem por base a atribuição de uma classificação. Quanto maior for o resultado da classificação, mais próxima do valor de referência se encontra a solução, e quanto menor for este resultado, mais próximo se encontra do máximo admissível, o que significa um pior desempenho da envolvente.

$$Classifica_U = \frac{U_{MAX} - U_{ponderado}}{U_{MAX} - U_{REF}} \quad (25)$$

Os resultados obtidos com a expressão anterior são apresentados na Tabela 23 e como se pode observar o Centro de Saúde de Penamacor é o que tem pior  $Classifica_U$ , obteve um valor negativo, assinalado a laranja, o que quer dizer que o coeficiente de transmissão térmica  $U_{ponderado}$  está para além do máximo admissível. O Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão e de Oleiros têm  $Classifica_U$  assinalados a verde, pois são os centros de saúde que têm  $U_{ponderado}$  melhores que os restantes edifícios e melhores que os de referência. Todos os centros de Saúde que obtiveram  $Classifica_U$  acima de 1, têm coeficientes de transmissão térmica ponderados melhores que os de referência. De acordo com os regulamentos para edifícios de serviços, os valores de referência são menos penalizadores que os de edifícios para habitação, neste caso são

de  $0,40\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$  para zonas I2 e de  $0,50\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$  para I1. Com estes valores, a classificação seria outra.

Tabela 23 - Classificação em relação aos coeficientes de transmissão térmica das paredes.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$U_{ponderado}$	$U_{REF}$	$U_{MAX}$	Classifica <sub>U</sub>
		$\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$	$\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$	$\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$	
BIS	HAL	0,82	0,60	1,60	0,78
	CS S. MIGUEL	0,46	0,60	1,60	1,14
	CS S. TIAGO	0,57	0,60	1,60	1,03
	CS IDANHA-A-NOVA	0,54	0,60	1,60	1,06
	CS PENAMACOR	2,18	0,60	1,60	-0,58
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,52	0,70	1,75	1,17
PIS	CS OLEIROS	0,43	0,60	1,60	1,17
	CS PROENÇA-A-NOVA	0,54	0,60	1,60	1,06
	CS SERTÃ	1,01	0,60	1,60	0,59
	CS VILA DE REI	1,56	0,60	1,60	0,04

## 6. Determinação de alguns parâmetros segundo o DL118/2013

### 6.1. Introdução

Neste capítulo são calculados alguns parâmetros, de acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, como as transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento e de arrefecimento. São ainda determinadas as transferências de calor por ventilação e renovação de ar, assim como os ganhos energéticos de inverno e verão, e necessidades, tendo em conta para todos os parâmetros calculados apenas os elementos verticais das fachadas (paredes exteriores e vãos envidraçados). A inclusão de todas as variáveis para além das paredes e vãos envidraçados poderão ser objeto de trabalhos futuros.

### 6.2. Transferência de calor por transmissão pela envolvente opaca vertical

#### 6.2.1. Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento da envolvente opaca vertical

Com base nos coeficientes de transmissão térmica ponderados e das áreas expostas das paredes, foi possível calcular o coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores ( $H_{ext,par}$ ), de acordo com a Tabela 24.

Tabela 24 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores,  $H_{ext,par}$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$U_{ponderado}$ W/m <sup>2</sup> .°C	PAREDES EXTERIORES								$H_{ext,par}$ $\Sigma$ U.A W/°C
			N m <sup>2</sup>	NE m <sup>2</sup>	E m <sup>2</sup>	ÁREA POR ORIENTAÇÃO					
						SE m <sup>2</sup>	S m <sup>2</sup>	SW m <sup>2</sup>	W m <sup>2</sup>	NW m <sup>2</sup>	
BIS	HAL	0,82	3.652,92	377,82	1.126,11	221,58	3.787,05	432,48	1.611,39	118,47	9.242,37
	CS S. MIGUEL	0,46	0,00	572,60	0,00	578,73	0,00	572,60	0,00	579,43	1.059,54
	CS S. TIAGO	0,57	93,30	122,73	85,98	158,91	118,80	40,62	242,28	133,74	567,93
	CS IDANHA-A-NOVA	0,54	322,70	0,00	210,87	0,00	284,63	0,00	178,61	0,00	533,69
	CS PENAMACOR	2,18	373,60	0,00	153,60	0,00	373,60	0,00	153,60	0,00	2.297,33
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,52	48,00	137,82	42,48	303,45	0,00	94,80	79,02	161,69	450,97
PIS	CS OLEIROS	0,43	57,03	90,90	68,58	298,68	45,63	84,15	98,85	267,03	434,67
	CS PROENÇA-A-NOVA	0,54	186,45	0,00	123,90	0,00	227,22	0,00	152,25	0,00	372,50
	CS SERTÃ	1,01	40,70	247,42	49,13	236,44	75,90	220,76	49,13	260,44	1.191,71
	CS VILA DE REI	1,56	0,00	283,17	0,00	303,81	0,00	283,14	0,00	303,62	1.835,48

Tendo em conta o tipo de edifícios para serviços e os coeficientes de transmissão térmica de referência, de elementos verticais opacos em contacto com o exterior de acordo com os valores apresentados no ponto 3.4.12, da tabela I.09 da Portaria n.º 349D, de 2 de dezembro de 2013, obtiveram-se, para as mesmas áreas, os coeficientes

de transferência de calor das paredes exteriores por transmissão de referência  $H_{ext_{par}REF}$  apresentados na Tabela 25.

E tendo em conta o coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para elementos opacos verticais em contacto com o exterior de  $1,60W/m^2 \cdot ^\circ C$  para a zona climática I2 e de  $1,75W/m^2 \cdot ^\circ C$  para zona climática I1, conforme tabela I.11 da Portaria n.º 349D, de 2 de dezembro de 2013, para edifícios de serviços, obtiveram-se agora os coeficientes de transferência de calor das paredes exteriores por transmissão máximos  $H_{ext_{par}MAX}$ , apresentados na Tabela 26.

**Tabela 25 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores de referência,  $H_{ext_{par}REF}$**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	PAREDES EXTERIORES									
		$U_{REF}$	ÁREA POR ORIENTAÇÃO								$H_{ext_{par}REF}$ $\Sigma$ U.A
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$W/^\circ C$
BIS	HAL	0,60	3.652,92	377,82	1.126,11	221,58	3.787,05	432,48	1.611,39	118,47	6.796,69
	CS S. MIGUEL	0,60	0,00	572,60	0,00	578,73	0,00	572,60	0,00	579,43	1.382,01
	CS S. TIAGO	0,60	93,30	122,73	85,98	158,91	118,80	40,62	242,28	133,74	597,82
	CS IDANHA-A-NOVA	0,60	322,70	0,00	210,87	0,00	284,63	0,00	178,61	0,00	598,09
	CS PENAMACOR	0,60	373,60	0,00	153,60	0,00	373,60	0,00	153,60	0,00	632,64
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,70	48,00	137,82	42,48	303,45	0,00	94,80	79,02	161,69	607,08
PIS	CS OLEIROS	0,60	57,03	90,90	68,58	298,68	45,63	84,15	98,85	267,03	606,51
	CS PROENÇA-A-NOVA	0,60	186,45	0,00	123,90	0,00	227,22	0,00	152,25	0,00	413,89
	CS SERTÃ	0,60	40,70	247,42	49,13	236,44	75,90	220,76	49,13	260,44	707,94
	CS VILA DE REI	0,60	0,00	283,17	0,00	303,81	0,00	283,14	0,00	303,62	704,24

**Tabela 26 - Coeficiente de transferência de calor das paredes exteriores com valores máximos admissíveis,  $H_{ext_{par}MAX}$**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	PAREDES EXTERIORES									
		$U_{máximo}$	ÁREA POR ORIENTAÇÃO								$H_{ext_{par}MAX}$ $\Sigma$ U.A
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$W/^\circ C$
BIS	HAL	1,60	3.652,92	377,82	1.126,11	221,58	3.787,05	432,48	1.611,39	118,47	18.124,51
	CS S. MIGUEL	1,60	0,00	572,60	0,00	578,73	0,00	572,60	0,00	579,43	3.685,36
	CS S. TIAGO	1,60	93,30	122,73	85,98	158,91	118,80	40,62	242,28	133,74	1.594,18
	CS IDANHA-A-NOVA	1,60	322,70	0,00	210,87	0,00	284,63	0,00	178,61	0,00	1.594,90
	CS PENAMACOR	1,60	373,60	0,00	153,60	0,00	373,60	0,00	153,60	0,00	1.687,04
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1,75	48,00	137,82	42,48	303,45	0,00	94,80	79,02	161,69	1.517,70
PIS	CS OLEIROS	1,60	57,03	90,90	68,58	298,68	45,63	84,15	98,85	267,03	1.617,36
	CS PROENÇA-A-NOVA	1,60	186,45	0,00	123,90	0,00	227,22	0,00	152,25	0,00	1.103,71
	CS SERTÃ	1,60	40,70	247,42	49,13	236,44	75,90	220,76	49,13	260,44	1.887,85
	CS VILA DE REI	1,60	0,00	283,17	0,00	303,81	0,00	283,14	0,00	303,62	1.877,96

De igual modo, foi calculado o coeficiente de transferência de calor dos vãos envidraçados ( $H_{ext_{env}}$ ), apresentando-se os valores correspondentes na Tabela 27.

Para os valores de referência dos vãos envidraçados, com um coeficiente de transmissão térmica de  $3,3W/m^2 \cdot ^\circ C$  para a zona climática I2 e de  $4,3W/m^2 \cdot ^\circ C$  para a zona climática I1, obtiveram-se os coeficientes de transferência de calor de referência dos vãos envidraçados  $H_{ext_{env}REF}$  conforme a Tabela 28.

Tabela 27 - Coeficiente de transferência de calor dos vãos envidraçados,  $H_{ext_{env}}$ 

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES									
		Uw	ÁREA POR ORIENTAÇÃO								$H_{ext_{env}}$ $\Sigma$ U.A
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/°C
BIS	HAL	5,1	541,74	60,84	101,57	31,32	836,92	70,52	123,04	0,00	9.006,32
	CS S. MIGUEL	3,8	0,00	88,17	0,00	61,54	0,00	77,25	0,00	55,12	1.071,90
	CS S. TIAGO	3,8	31,08	29,00	26,58	20,72	16,02	7,23	56,52	31,93	832,47
	CS IDANHA-A-NOVA	3,8	62,17	0,00	55,96	0,00	91,38	0,00	41,63	0,00	954,29
	CS PENAMACOR	5,1	47,40	0,00	26,40	0,00	85,04	0,00	36,00	0,00	993,68
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	3,8	2,80	57,79	6,72	27,27	0,00	0,00	2,68	11,67	413,92
PIS	CS OLEIROS	3,8	3,25	8,25	10,63	64,37	3,25	3,25	15,75	29,25	524,37
	CS PROENÇA-A-NOVA	3,8	37,40	0,00	12,18	0,00	33,30	0,00	14,40	0,00	369,65
	CS SERTÃ	5,1	15,62	40,60	11,58	28,25	3,28	25,88	11,58	49,15	948,27
	CS VILA DE REI	3,8	0,00	51,14	0,00	41,03	0,00	45,43	0,00	52,03	720,57

Tabela 28 - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores de referência,  $H_{ext_{env}REF}$ 

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES									
		Uw REF	ÁREA POR ORIENTAÇÃO								$H_{ext_{env}REF}$ $\Sigma$ Uref.A
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/°C
BIS	HAL	3,3	541,74	60,84	101,57	31,32	836,92	70,52	123,04	0,00	5.827,62
	CS S. MIGUEL	3,3	0,00	88,17	0,00	61,54	0,00	77,25	0,00	55,12	930,86
	CS S. TIAGO	3,3	31,08	29,00	26,58	20,72	16,02	7,23	56,52	31,93	265,93
	CS IDANHA-A-NOVA	3,3	62,17	0,00	55,96	0,00	91,38	0,00	41,63	0,00	828,73
	CS PENAMACOR	3,3	47,40	0,00	26,40	0,00	85,04	0,00	36,00	0,00	642,97
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	4,3	2,80	57,79	6,72	27,27	0,00	0,00	2,68	11,67	468,38
PIS	CS OLEIROS	3,3	3,25	8,25	10,63	64,37	3,25	3,25	15,75	29,25	455,38
	CS PROENÇA-A-NOVA	3,3	37,40	0,00	12,18	0,00	33,30	0,00	14,40	0,00	321,01
	CS SERTÃ	3,3	15,62	40,60	11,58	28,25	3,28	25,88	11,58	49,15	613,59
	CS VILA DE REI	3,3	0,00	51,14	0,00	41,03	0,00	45,43	0,00	52,03	625,76

Para o cálculo dos coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores de máximos admitiu-se que o coeficiente de transmissão térmica máximo dos vãos envidraçados é o maior dos valores de referência, correspondente a  $4,3W/m^2.°C$ , sendo os resultados obtidos para os coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores máximos  $H_{ext_{env}MAX}$  os da Tabela 29.

Tabela 29 - Coeficientes de transferência de calor dos vãos envidraçados com valores máximos admissíveis,  $H_{ext_{env}MAX}$ 

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES									
		Uw MAX	ÁREA POR ORIENTAÇÃO								$H_{ext_{env}MAX}$ $\Sigma$ U.A
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/°C
BIS	HAL	4,3	541,74	60,84	101,57	31,32	836,92	70,52	123,04	0,00	7.593,57
	CS S. MIGUEL	4,3	0,00	88,17	0,00	61,54	0,00	77,25	0,00	55,12	1.212,94
	CS S. TIAGO	4,3	31,08	29,00	26,58	20,72	16,02	7,23	56,52	31,93	942,00
	CS IDANHA-A-NOVA	4,3	62,17	0,00	55,96	0,00	91,38	0,00	41,63	0,00	1.079,86
	CS PENAMACOR	4,3	47,40	0,00	26,40	0,00	85,04	0,00	36,00	0,00	837,81
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	4,3	2,80	57,79	6,72	27,27	0,00	0,00	2,68	11,67	468,38
PIS	CS OLEIROS	4,3	3,25	8,25	10,63	64,37	3,25	3,25	15,75	29,25	593,37
	CS PROENÇA-A-NOVA	4,3	37,40	0,00	12,18	0,00	33,30	0,00	14,40	0,00	418,28
	CS SERTÃ	4,3	15,62	40,60	11,58	28,25	3,28	25,88	11,58	49,15	799,52
	CS VILA DE REI	4,3	0,00	51,14	0,00	41,03	0,00	45,43	0,00	52,03	815,39

No estudo pretende-se refletir apenas a envolvente vertical, daí não terem sido contabilizadas transferências pela cobertura. Por simplificação, também não foram contabilizadas as pontes térmicas lineares, nem os vãos opacos exteriores, nem os pavimentos em contacto com o exterior, nem os elementos em contacto com o solo, nem os elementos da envolvente interior, que poderão ser incluídos em estudos futuros. Logo as transferências de calor neste estudo apenas tiveram em conta a transferência de calor das paredes exteriores ( $H_{ext_{par}}$ ) e a transferência de calor dos vãos envidraçados ( $H_{ext_{env}}$ ). Assim sendo, o coeficiente de transferência de calor por transmissão ( $H_{tr,i}^*$ ) corresponde à soma de  $H_{ext_{par}}$  e  $H_{ext_{env}}$ .

Por aplicação direta da expressão (26), de acordo com o Despacho Extracto 15793-I, de 3 de dezembro, da 2ª série, foram determinadas as transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento, conforme resultados na Tabela 30.

$$Q_{tr,i}^* = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}^* \quad [\text{kWh/ano}] \quad (26)$$

Em que:

$Q_{tr,i}^*$  = coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento (inverno), tendo em conta apenas as transferências das paredes exteriores e dos vãos envidraçados [kWh/ano];

$GD$  = número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia];

$H_{tr,i}^*$  = coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de inverno, tendo em conta apenas as transferências das paredes exteriores e dos vãos envidraçados [W/°C].

Tabela 30 - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento,  $Q_{tr,i}^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$H_{ext}$ W/°C	$H_{tr,i}^*$ W/°C	$GD$ °C.dias	$Q_{tr,i}^*$ kWh/ano
BIS	HAL	18.248,69	18.248,69	1.391,00	609.214,28
	CS S. MIGUEL	2.131,45	2.131,45	1.371,20	70.143,30
	CS S. TIAGO	1.400,39	1.400,39	1.360,40	45.722,21
	CS IDANHA-A-NOVA	1.487,99	1.487,99	1.585,90	56.635,21
	CS PENAMACOR	3.291,01	3.291,01	1.643,00	129.771,13
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	864,89	864,89	971,60	20.167,80
PIS	CS OLEIROS	959,04	959,04	1.752,50	40.337,18
	CS PROENÇA-A-NOVA	742,15	742,15	1.659,50	29.558,26
	CS SERTÃ	2.139,97	2.139,97	1.314,50	67.511,89
	CS VILA DE REI	2.556,05	2.556,05	1.634,00	100.238,02

O Hospital Amato Lusitano é o que tem maior transferência de calor por transmissão pelas fachadas expostas na estação de aquecimento, e o que tem menor valor é o do Centro de Saúde de Vila velha de Ródão, conforme se pode constatar na Tabela 30.

Considerando-se os valores de referência, os dados obtidos foram os da Tabela 31e, com valores máximos admissíveis, foram obtidos valores constantes da Tabela 32, mantendo-se os mesmos edifícios com maior e menor valores.

**Tabela 31** - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores de referência,  $Q_{tr,i,REF}^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	HextREF	$H_{tr,i,REF}^*$	GD	$Q_{tr,i,REF}^*$
		W/°C	W/°C	°C.dias	kWh/ano
BIS	HAL	12.624,31	12.624,31	1.391,00	421.450,04
	CS S. MIGUEL	2.312,87	2.312,87	1.371,20	76.113,91
	CS S. TIAGO	1.320,75	1.320,75	1.360,40	43.121,86
	CS IDANHA-A-NOVA	1.426,82	1.426,82	1.585,90	54.306,95
	CS PENAMACOR	1.275,61	1.275,61	1.643,00	50.299,93
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1.075,46	1.075,46	971,60	25.077,91
PIS	CS OLEIROS	1.061,89	1.061,89	1.752,50	44.662,96
	CS PROENÇA-A-NOVA	734,90	734,90	1.659,50	29.269,58
	CS SERTÃ	1.321,53	1.321,53	1.314,50	41.691,60
	CS VILA DE REI	1.330,00	1.330,00	1.634,00	52.157,19

**Tabela 32** - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento com valores máximos admissíveis  $Q_{tr,i,MAX}^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	HextMAX	$H_{tr,i,MAX}^*$	GD	$Q_{tr,i,MAX}^*$
		W/°C	W/°C	°C.dias	kWh/ano
BIS	HAL	25.718,08	25.718,08	1.391,00	858.572,30
	CS S. MIGUEL	4.898,30	4.898,30	1.371,20	161.197,31
	CS S. TIAGO	2.536,18	2.536,18	1.360,40	82.805,16
	CS IDANHA-A-NOVA	2.674,76	2.674,76	1.585,90	101.805,70
	CS PENAMACOR	2.524,85	2.524,85	1.643,00	99.559,96
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1.986,07	1.986,07	971,60	46.312,06
PIS	CS OLEIROS	2.210,73	2.210,73	1.752,50	92.983,30
	CS PROENÇA-A-NOVA	1.521,99	1.521,99	1.659,50	60.618,00
	CS SERTÃ	2.687,37	2.687,37	1.314,50	84.781,15
	CS VILA DE REI	2.693,35	2.693,35	1.634,00	105.622,42

### 6.2.2. Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento pela envolvente opaca vertical

De igual modo, e de acordo com o Despacho Extracto 15793-I, de 3 de dezembro, da 2ª série, para a estação de arrefecimento e com aplicação da expressão (27), foram determinadas as transferências de calor por transmissão  $Q_{tr,v}^*$  que são as resultantes na Tabela 33.

$$Q_{tr,v}^* = H_{tr,v}^* \times (\theta_{v,ref} - \theta_{ext,v}) \times \frac{Lv}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (27)$$

Em que:

$Q_{tr,v}^*$  = coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação do arrefecimento (verão), tendo em conta apenas as transferências das paredes exteriores e dos vãos envidraçados [kWh/ano];

$H_{tr,v}^*$  = coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão, tendo em conta apenas as transferências das paredes exteriores e dos vãos envidraçados [W/°C];

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

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

$L_v$  = Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Como referido no ponto 6.2.1, não foram contabilizadas as transferências pela cobertura, nem pelas pontes térmicas lineares, nem pelos vãos opacos exteriores, nem pelos elementos em contacto com o solo, nem pelos elementos através da envolvente interior, o que traduz um coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão ( $H_{tr,v}^*$ ) na soma entre as transferências de calor das paredes exteriores ( $H_{ext,par}$ ) e os vãos envidraçados ( $H_{ext,env}$ ). Por esta analogia, o coeficiente de transferência de calor por transmissão na estação de verão ( $H_{tr,v}^*$ ), é igual ao coeficiente de transferência de calor da envolvente exterior ( $H_{ext}$ ), sendo o  $H_{ext}$  igual à soma de  $H_{ext,par}$  e  $H_{ext,env}$  neste caso em concreto.

Tabela 33 - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento,  $Q_{tr,v}^*$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$H_{tr,v}^*$	$\theta_{ext,v}$	$\theta_{v,ref}$	$L_v$	$Q_{tr,v}^*$
		W/°C	°C	°C	horas	kWh/ano
BIS	HAL	18.248,69	24,80	25,00	2928	10.686,43
	CS S. MIGUEL	2.131,45	24,90	25,00	2928	624,09
	CS S. TIAGO	1.400,39	25,00	25,00	2928	0,00
	CS IDANHA-A-NOVA	1.487,99	24,10	25,00	2928	3.921,15
	CS PENAMACOR	3.291,01	23,90	25,00	2928	10.599,69
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	864,89	26,50	25,00	2928	-3.798,59
PIS	CS OLEIROS	959,04	21,90	25,00	2928	8.705,00
	CS PROENÇA-A-NOVA	742,15	22,10	25,00	2928	6.301,73
	CS SERTÃ	2.139,97	22,80	25,00	2928	13.784,85
	CS VILA DE REI	2.556,05	22,20	25,00	2928	20.955,51

O Centro de Saúde de Vila de Rei é o edifício que tem maiores transferências de calor por transmissão na estação de arrefecimento pelas fachadas expostas. O Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão apresenta valor negativo por ter a temperatura de referência do verão inferior à temperatura exterior média.

Por aplicação da expressão (27), mas com valores de referência na envolvente exterior, os valores obtidos são apresentados na Tabela 34 e, com valores máximos admissíveis na envolvente exterior, os valores são os da Tabela 35.

**Tabela 34** - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores de referência,  $Q_{tr,v,REF}^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$H_{tr,v,REF}^*$	$\theta_{ext,v}$	$\theta_{v,ref}$	$Lv$	$Q_{tr,v,REF}^*$
		W/°C	°C	°C	horas	kWh/ano
BIS	HAL	12.624,31	24,80	25,00	2928	7.392,80
	CS S. MIGUEL	2.312,87	24,90	25,00	2928	677,21
	CS S. TIAGO	1.320,75	25,00	25,00	2928	0,00
	CS IDANHA-A-NOVA	1.426,82	24,10	25,00	2928	3.759,95
	CS PENAMACOR	1.275,61	23,90	25,00	2928	4.108,49
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1.075,46	26,50	25,00	2928	-4.723,40
PIS	CS OLEIROS	1.061,89	21,90	25,00	2928	9.638,54
	CS PROENÇA-A-NOVA	734,90	22,10	25,00	2928	6.240,18
	CS SERTÃ	1.321,53	22,80	25,00	2928	8.512,76
	CS VILA DE REI	1.330,00	22,20	25,00	2928	10.903,85

**Tabela 35** - Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento com valores máximos,  $Q_{tr,v,MAX}^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$H_{tr,v,MAX}^*$	$\theta_{ext,v}$	$\theta_{v,ref}$	$Lv$	$Q_{tr,v,MAX}^*$
		W/°C	°C	°C	horas	kWh/ano
BIS	HAL	25.718,08	24,80	25,00	2928	15.060,51
	CS S. MIGUEL	4.898,30	24,90	25,00	2928	1.434,22
	CS S. TIAGO	2.536,18	25,00	25,00	2928	0,00
	CS IDANHA-A-NOVA	2.674,76	24,10	25,00	2928	7.048,53
	CS PENAMACOR	2.524,85	23,90	25,00	2928	8.132,04
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	1.986,07	26,50	25,00	2928	-8.722,84
PIS	CS OLEIROS	2.210,73	21,90	25,00	2928	20.066,35
	CS PROENÇA-A-NOVA	1.521,99	22,10	25,00	2928	12.923,56
	CS SERTÃ	2.687,37	22,80	25,00	2928	17.310,96
	CS VILA DE REI	2.693,35	22,20	25,00	2928	22.081,16

### 6.3. Transferências de calor por ventilação e renovação de ar

#### 6.3.1. Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

As perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a equação (28) (DespExt\_15793I, 2013).

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad [\text{kWh}] \quad (28)$$

$$\text{Onde: } H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \quad [\text{W/°C}] \quad (29)$$

Em que:

$R_{ph,i}$  - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, [h<sup>-1</sup>]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

$P_d$  - Pé direito médio da fração, [m]

$H_{ve,i}$  - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [W/°C]

Por simplificação da taxa nominal do ar interior na estação de aquecimento, optou-se por admitir que este valor é igual a  $0,40h^{-1}$ , valor que se justifica com as regras de simplificação para edifícios existentes (DespExt\_15793K, 2013), no entanto com este valor não é possível refletir a permeabilidade do ar dos vãos envidraçados uma vez que os edifícios têm soluções de vãos envidraçados com características diferentes.

As transferências de calor por ventilação na estação de aquecimento obtidas para os diversos edifícios da ULS são as constantes da Tabela 36.

Tabela 36 - Transferência de calor por ventilação  $Q_{ve,i}$ , na estação de aquecimento.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	GD °C	$H_{ve,i}$			$Q_{ve,i}$ kWh/ano	
			$R_{ph,i}$ $h^{-1}$	$A_p$ $m^2$	$P_d$ m		
BIS	HAL	1391,0	0,34	0,40	17.447,58	3,00	237.647,76
	CS S. MIGUEL	1371,2			2.075,95	3,50	32.518,90
	CS S. TIAGO	1360,4			1.432,89	3,00	19.087,58
	CS IDANHA-A-NOVA	1585,9			1.515,86	2,70	21.185,99
	CS PENAMACOR	1643,0			903,53	3,20	15.505,30
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	971,6			905,19	3,00	-8.611,89
PIS	CS OLEIROS	1752,5	0,34	0,40	1.411,27	3,00	24.218,07
	CS PROENÇA-A-NOVA	1659,5			1.208,17	2,90	18.978,13
	CS SERTÃ	1314,5			1.468,42	3,20	20.160,95
	CS VILA DE REI	1634,0			1.392,97	3,00	22.287,70

O Hospital Amato Lusitano apresenta o maior valor, o melhor é o Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão, em segundo lugar o de Penamacor, mas note-se que a permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados não está refletida, devido à taxa de renovação de ar de aquecimento ter sido adotada de  $0,4h^{-1}$ . Por simplificação da norma EN15242, outro método seria usar a ferramenta de cálculo do tipo de folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC para determinação deste valor de referência para cada edifício.

### 6.3.2. Transferência de calor por renovação do ar, estação de arrefecimento

A transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento é calculada de acordo com a equação (30) (DespExt\_15793I, 2013).

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (30)$$

$$\text{Onde: } H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \quad [\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (31)$$

Em que:

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

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

$P_d$  - Pé direito médio da fração, [m];

$H_{ve,v}$  - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento, [ $W/^\circ C$ ];

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

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

$L_v$  = Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

À semelhança da estação de aquecimento, por simplificação da taxa nominal do ar interior na estação de arrefecimento, optou-se por admitir que este valor é igual a  $0,60h^{-1}$ , valor mínimo que se justifica com as regras de simplificação para edifícios existentes (DespExt\_15793K, 2013), no entanto com este valor também não é possível refletir a permeabilidade do ar dos vãos envidraçados uma vez que os edifícios têm soluções de vãos envidraçados com características diferentes.

As transferências de calor correspondentes à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento para os diversos edifícios da ULS obtidas são as da Tabela 37.

**Tabela 37** - Transferências de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento  $Q_{ve,v}$  dos edifícios da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$H_{ve,v}$		$P_d$	$\theta_{v,ref}$	$\theta_{v,ext}$	$L_v$	$Q_{ve,v}$
		$R_{ph,v}$	$A_p$					
		$h^{-1}$	$m^2$	m	$^\circ C$	$^\circ C$	horas	kWh/ano
BIS	HAL	0,34	0,60	17.447,58	3,00	25	24,8	6.252,99
	CS S. MIGUEL			2.075,95	3,50		24,9	434,00
	CS S. TIAGO			1.432,89	3,00		25	0,00
	CS IDANHA-A-NOVA			1.515,86	2,70		24,1	2.200,22
	CS PENAMACOR			903,53	3,20		23,9	1.899,71
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO			905,19	3,00		26,5	-2.433,06
PIS	CS OLEIROS	0,34	0,60	1.411,27	3,00	25	21,9	7.839,61
	CS PROENÇA-A-NOVA			1.208,17	2,90		22,1	6.069,11
	CS SERTÃ			1.468,42	3,20		22,8	6.174,82
	CS VILA DE REI			1.392,97	3,00		22,2	6.989,12

## 6.4. Ganhos Energéticos pela envolvente opaca vertical

### 6.4.1. Ganhos de inverno

A determinação dos ganhos térmicos internos depende dos ganhos internos médios, da duração média da estação de aquecimento e da área útil de pavimento, de acordo com a expressão (32), conforme o Despacho Extracto 15793-I/2013, de 3 de dezembro, da 2ª série.

$$Q_{int,i} = 0,72 \times q_{int} \times M \times Ap \quad [\text{kWh/ano}] \quad (32)$$

Em que:

$q_{int}$  = ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m<sup>2</sup>;

$M$  = duração média da estação convencional de aquecimento, [mês];

$Ap$  = área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior [m<sup>2</sup>].

Os ganhos internos médios resultantes da aplicação expressão (32) são os constantes da Tabela 38.

Tabela 38 - Ganhos internos brutos de inverno,  $Q_{int,i}$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$q_{int}$ W/m <sup>2</sup>	$M$ meses	$Ap$ m <sup>2</sup>	$Q_{int,i}$ kWh/ano
BIS	HAL	4	5,5	17.447,58	276.369,67
	CS S. MIGUEL	4	5,5	2.075,95	32.883,05
	CS S. TIAGO	4	5,4	1.432,89	22.284,31
	CS IDANHA-A-NOVA	4	5,6	1.515,86	24.447,79
	CS PENAMACOR	4	5,6	903,53	14.572,13
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	4	5,2	905,19	13.556,13
PIS	CS OLEIROS	4	6,9	1.411,27	28.044,76
	CS PROENÇA-A-NOVA	4	6,8	1.208,17	23.660,80
	CS SERTÃ	4	6,6	1.468,42	27.911,73
	CS VILA DE REI	4	6,8	1.392,97	27.279,92

Na determinação dos ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados, a metodologia utilizada baseia-se na aplicação da expressão(33).

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j \left[ X_j \times \sum_n F_{s,i_{nj}} \times A_{s,i_{nj}} \right] \times M \quad [\text{kWh/ano}] \quad (33)$$

Em que:

$G_{sul}$  = Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície, [kWh/m<sup>2</sup>.mês];

$X_j$  = fator de orientação para as diferentes exposições;

$F_{s,ijn}$  = fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

$A_{s,ijn}$  = área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j, [m<sup>2</sup>];

j = índice que corresponde a cada uma das orientações;

n = índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j;

M = duração média da estação convencional de aquecimento, [mês].

Os fatores solares de inverno foram determinados, conforme a Tabela Ap.I. 1, do Apêndice I, com base na orientação dos vãos envidraçados e com base e nos fatores solares dos vidros, nos fatores de seletividade angular de inverno, consoante o tipo de vidro simples ou duplo.

A área efetiva coletora a sul dos edifícios da zona BIS é a constante da Tabela Ap.I. 2 e dos edifícios da zona PIS é a constante da Tabela Ap.I. 3.

Os ganhos solares brutos de inverno ( $Q_{sol,i}$ ) obtidos são os apresentados na Tabela Ap.I. 4, do Apêndice I, e os Ganhos térmicos brutos ( $Q_{g,i}$ ) obtidos são os resultantes do Tabela Ap.I. 5, do Apêndice I.

Nesta metodologia, por simplificação foram ignorados quaisquer tipos de sombreamento, pelo que poderá ser objeto futuro de um estudo mais aprofundado.

Os ganhos térmicos brutos de referência ( $Q_{g,iREF}$ ) dependem da radiação média incidente num envidraçado vertical a sul, da área de pavimento  $A_p$  e dos ganhos internos brutos, e são determinados pela expressão (34) e apresentados na Tabela 39.

$$Q_{g,iREF} = (G_{sul} \times 0,182 \times 0,2 \times A_p) + Q_{int,i} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (34)$$

Tabela 39 - Ganhos térmicos brutos de referência de inverno,  $Q_{g,iREF}$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	Área pavimento $A_p$			$G_{sul}$ kWh/m <sup>2</sup> por mês	Ganhos solares brutos $Q_{sol}$ kWh/ano	Ganhos internos brutos Qint kWh/ano	$Q_{g,iREF}$ Ganhos térmicos brutos de referência kWh/ano
		m <sup>2</sup>	0,182	0,2				
BIS	HAL	17.447,58	0,182	0,2	140,00	88.912,87	276.369,67	365.282,53
	CS S. MIGUEL	2.075,95	0,182	0,2	140,00	10.579,04	32.883,05	43.462,09
	CS S. TIAGO	1.432,89	0,182	0,2	140,00	7.302,00	22.284,31	29.586,31
	CS IDANHA-A-NOVA	1.515,86	0,182	0,2	140,00	7.724,82	24.447,79	32.172,61
	CS PENAMACOR	903,53	0,182	0,2	140,00	4.604,39	14.572,13	19.176,52
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	905,19	0,182	0,2	140,00	4.612,84	13.556,13	18.168,97
PIS	CS OLEIROS	1.411,27	0,182	0,2	145,00	7.448,68	28.044,76	35.493,44
	CS PROENÇA-A-NOVA	1.208,17	0,182	0,2	145,00	6.376,72	23.660,80	30.037,52
	CS SERTÃ	1.468,42	0,182	0,2	145,00	7.750,32	27.911,73	35.662,05
	CS VILA DE REI	1.392,97	0,182	0,2	145,00	7352,10	27.279,92	34.632,02

### 6.4.2. Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos úteis dependem dos ganhos internos brutos da estação de aquecimento, já calculados anteriormente, e do fator de utilização de ganhos da estação de aquecimento, conforme se pode analisar pela expressão (35).

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad [\text{kWh}] \quad (35)$$

Onde:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [\text{kWh}] \quad (36)$$

Em que:

$\eta_i$  - fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

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

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

O fator de utilização dos ganhos térmicos depende da inércia térmica do edifício e da relação entre os ganhos térmicos brutos na estação em estudo e a soma das transferências de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios e das transferências de calor por ventilação na estação em análise, conforme a expressão (37) e de acordo com o Despacho Extracto 15973-K/2013, de 3 de dezembro da 2ª série.

$$\gamma = \frac{Q_g}{(Q_{tr} + Q_{ve})} \quad (37)$$

se  $\gamma \neq 1$  e  $\gamma > 1$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

se  $\gamma = 1$

$$\eta = \frac{a}{a + 1}$$

se  $\gamma < 0$

$$\eta = \frac{1}{\gamma}$$

Onde:

se  $I_t = \text{forte}$   $a = 4,2$   $[\text{W}/^\circ\text{C}]$

se  $I_t = \text{média}$   $a = 2,6$   $[\text{W}/^\circ\text{C}]$

se  $I_t = \text{fraca}$   $a = 1,8$   $[\text{W}/^\circ\text{C}]$

Em que:

$Q_{tr}$  - transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo [kWh];

$Q_{ve}$  - transferência de calor por ventilação na estação em estudo [kWh];

$Q_g$  - ganhos térmicos brutos na estação em estudo [kWh];

- parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica.

$I_t$  - inércia térmica do edifício;

Todos os edifícios em estudo foram considerados que têm inércia forte, atendendo às regras de simplificação e constituição dos edifícios, pelo que o valor de “ $\sigma$ ” é igual a 4,2. Tendo em conta a inércia térmica e a expressão (37), os ganhos úteis para aquecimento e arrefecimento são os apresentados nas Tabela 40 e 41 respetivamente.

**Tabela 40** - Fatores de utilização de aquecimento  $\eta_i$  e ganhos úteis de aquecimento  $Q_{gu,i}$  para os edifícios da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$Q_{g,i}$	$Q_{tr,i}$	$Q_{ve,i}$	$\gamma$	$\eta_i$	$Q_{gu,i}$
		kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano			kWh/ano
BIS	HAL	737.712,06	609.214,28	237.647,76	0,87	0,86	<b>633.694,34</b>
	CS S. MIGUEL	88.687,13	70.143,30	32.518,90	0,86	0,86	<b>76.430,74</b>
	CS S. TIAGO	60.576,13	45.722,21	19.087,58	0,93	0,83	<b>50.517,52</b>
	CS IDANHA-A-NOVA	80.899,95	56.635,21	21.185,99	1,04	0,79	<b>64.049,11</b>
	CS PENAMACOR	65.924,16	129.771,13	15.505,30	0,45	0,98	<b>64.598,69</b>
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	30.248,22	20.167,80	8.611,89	1,05	0,79	<b>23.807,73</b>
PIS	CS OLEIROS	67.014,79	40.337,18	24.218,07	1,04	0,79	<b>53.095,70</b>
	CS PROENÇA-A-NOVA	49.074,87	29.558,26	18.978,13	1,01	0,80	<b>39.417,45</b>
	CS SERTÃ	73.018,59	67.511,89	20.160,95	0,83	0,87	<b>63.793,25</b>
	CS VILA DE REI	73.795,75	100.238,02	22.287,70	0,60	0,95	<b>70.036,96</b>

**Tabela 41** - Fatores de utilização de arrefecimento  $\eta_v$  e ganhos úteis de arrefecimento  $Q_{gu,v}$  para os edifícios da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$Q_{g,v}$	$Q_{tr,v}$	$Q_{ve,v}$	$\gamma$	$\eta_v$	$Q_{gu,v}$
		kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano			kWh/ano
BIS	HAL	640.608,15	10686,4	6.252,99	37,82	0,03	<b>16.939,42</b>
	CS S. MIGUEL	90.668,71	624,1	434,00	85,69	0,01	<b>1.058,08</b>
	CS S. TIAGO	65.323,23	0,0	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	CS IDANHA-A-NOVA	70.611,12	3921,1	2.200,22	11,54	0,09	<b>6.121,18</b>
	CS PENAMACOR	66.664,80	10599,7	1.899,71	5,33	0,19	<b>12.490,41</b>
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	35.264,17	-3798,6	-2.433,06	-5,66	-0,18	<b>-6.228,11</b>
PIS	CS OLEIROS	50.286,42	8705,0	7.839,61	3,04	0,33	<b>16.440,14</b>
	CS PROENÇA-A-NOVA	34.067,38	6301,7	6.069,11	2,75	0,36	<b>12.258,39</b>
	CS SERTÃ	66.874,24	13784,9	6.174,82	3,35	0,30	<b>19.872,26</b>
	CS VILA DE REI	68.436,29	20955,5	6.989,12	2,45	0,40	<b>27.556,68</b>

### 6.4.3. Ganhos de verão

Os ganhos internos brutos de verão ( $Q_{int,v}$ ) são determinados tendo em conta os ganhos internos médios, a duração da estação de arrefecimento e a área útil do pavimento, ou seja pela expressão (38) e de acordo com com o Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2ª série.

$$Q_{int,v} = q_{int} \times Ap \times \frac{Lv}{1000} \quad (38)$$

Em que:

$q_{int}$  = ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície igual a  $4W/m^2$ ;

$Ap$  = area interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [ $m^2$ ];

$Lv$  = duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Os ganhos internos brutos de verão ( $Q_{int,v}$ ) para os edifícios da ULS em análise são os apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Ganhos internos brutos de verão, ( $Q_{int,v}$ )

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$q_{int}$	Duração da estação de arrefecimento	$Ap$	$Q_{int,v}$
		$W/m^2$	horas	$m^2$	kWh/ano
BIS	HAL	4	2928	17.447,58	204.346,06
	CS S. MIGUEL	4	2928	2.075,95	24.313,53
	CS S. TIAGO	4	2928	1.432,89	16.782,01
	CS IDANHA-A-NOVA	4	2928	1.515,86	17.753,75
	CS PENAMACOR	4	2928	903,53	10.582,14
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	4	2928	905,19	10.601,59
PIS	CS OLEIROS	4	2928	1.411,27	16.528,79
	CS PROENÇA-A-NOVA	4	2928	1.208,17	14.150,09
	CS SERTÃ	4	2928	1.468,42	17.198,14
	CS VILA DE REI	4	2928	1.392,97	16.314,46

Na determinação dos ganhos solares brutos pelos vãos envidraçados, a metodologia segue a expressão (39), também de acordo com com o Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2ª série .

$$Q_{sol,v} = \sum_j [G_{solj} \times \sum n \times F_{svnj} \times A_{s,vnj}] \quad (39)$$

Em que:

$G_{solj}$  = energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento, [ $kWh/m^2$ ];

$A_{s,n\ nj}$  = área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento  $n$  com a orientação  $j$ , [m<sup>2</sup>];

$j$  = índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

$n$  = índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação  $j$ ;

$F_{s,v\ nj}$  = fator de obstrução da superfície do elemento  $n$ , com a orientação  $j$ .

A área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado  $n$  com orientação  $j$ , foi calculada através da expressão (40), do Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2<sup>a</sup> série.

$$A_{s,vnj} = A_w \times F_g \times g_v \quad (40)$$

Em que:

$A_w$  = área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m<sup>2</sup>];

$F_g$  = fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;

$g_v$  = fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

Para determinar a área efetiva coletora de radiação solar de um elemento  $n$  da envolvente opaca, foi utilizada a expressão (41) do Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2<sup>a</sup> série.

$$A_{s,vnj} = \alpha \times U \times A_{op} \times R_{se} \quad (41)$$

Em que:

$\alpha$  = coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

$U$  = coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca, [W/m<sup>2</sup>];

$A_{op}$  = área do elemento da envolvente opaca exterior, [m<sup>2</sup>];

$R_{se}$  = resistência térmica superficial exterior igual a 0,04 m<sup>2</sup>.°C/W.

Tendo em conta a aplicação das expressões (39),(40) e (41), os resultados obtidos são os constantes da Tabela Ap.I. 6 a Tabela Ap.I. 10, do Apêndice I.

Os ganhos térmicos brutos de verão ( $Q_{g,v}$ ) obtidos, são os apresentados na Tabela 43 e os ganhos térmicos brutos de referência de verão ( $Q_{g,vREF}$ ) são os da Tabela 44.

Tabela 43 - Ganhos térmicos brutos no verão  $Q_{g,v}$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca *	Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$	Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$
		kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano
BIS	HAL	380.580,15	55.681,94	436.262,10	204.346,06	640.608,15
	CS S. MIGUEL	59.108,27	7.246,91	66.355,18	24.313,53	90.668,71
	CS S. TIAGO	44.659,30	3.881,91	48.541,22	16.782,01	65.323,23
	CS IDANHA-A-NOVA	49.556,90	3.300,46	52.857,37	17.753,75	70.611,12
	CS PENAMACOR	42.392,68	13.689,98	56.082,66	10.582,14	66.664,80
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	21.532,05	3.130,53	24.662,58	10.601,59	35.264,17
PIS	CS OLEIROS	30.758,08	2.999,55	33.757,63	16.528,79	50.286,42
	CS PROENÇA-A-NOVA	17.537,33	2.379,96	19.917,29	14.150,09	34.067,38
	CS SERTÃ	41.570,43	8.105,68	49.676,10	17.198,14	66.874,24
	CS VILA DE REI	39.493,47	12.628,35	52.121,82	16.314,46	68.436,29

Tabela 44 - Ganhos térmicos brutos de referência no verão  $Q_{g,vREF}$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$Q_{int}$	Duração da estação de arrefecimento	factor solar de verão de referência $g_v REF$	$A_w/A_p$ REF	Radiação solar média de referência Isol REF $kWh/m^2.ano$	Área útil de Pavimento $A_p$ $m^2$	Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v REF}$ $kWh/ano$
		$W/m^2$	horas					
BIS	HAL	4	2928	0,43	0,20	500	17447,58	954.592,00
	CS S. MIGUEL	4	2928	0,43	0,20	500	2075,95	113.579,38
	CS S. TIAGO	4	2928	0,43	0,20	500	1432,89	78.396,28
	CS IDANHA-A-NOVA	4	2928	0,43	0,20	500	1515,86	82.935,73
	CS PENAMACOR	4	2928	0,43	0,20	500	903,53	49.433,93
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	4	2928	0,43	0,20	500	905,19	49.524,76
PIS	CS OLEIROS	4	2928	0,43	0,20	500	1411,27	77.213,40
	CS PROENÇA-A-NOVA	4	2928	0,43	0,20	500	1208,17	66.101,40
	CS SERTÃ	4	2928	0,43	0,20	500	1468,42	80.340,20
	CS VILA DE REI	4	2928	0,43	0,20	500	1392,97	76.212,17

## 6.5. Desempenho térmico da envolvente opaca vertical - $N_{ic}^*$

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N_{ic}$  dependem das transferências de calor por transmissão e por ventilação na estação de aquecimento, bem como dos ganhos úteis na estação de aquecimento e da área útil, conforme apresentado na expressão (42), conforme o Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2ª série.

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [kWh/m^2.ano] \quad (42)$$

Uma vez que nas transferências de calor, conforme ponto 6.2, apenas foram consideradas as paredes e os vãos envidraçados, e no ponto 6.3.1 foram consideradas taxas de renovação de ar para aquecimento de  $0,4h^{-1}$ , os valores finais de  $N_{ic}^*$  aqui calculados não refletem as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento dos edifícios, mas sim apenas uma parte dessa energia útil.

De acordo com a expressão anterior, as necessidades nominais anuais de aquecimento, pela envolvente opaca vertical,  $N_{ic}^*$  e máximos de energia útil para aquecimento, também pela envolvente opaca vertical,  $N_i^*$ , dos edifícios em estudo da ULS são as da Tabela 45.

**Tabela 45** - Necessidades nominais de aquecimento pela envolvente opaca vertical  $N_{ic}^*$  e  $N_i^*$

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$N_{ic}^*$	$N_i^*$	VERIFICAÇÃO
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
BIS	HAL	12,22	12,41	VERIFICA
	CS S. MIGUEL	12,64	26,70	VERIFICA
	CS S. TIAGO	9,97	18,05	VERIFICA
	CS IDANHA-A-NOVA	9,09	17,78	VERIFICA
	CS PENAMACOR	89,29	29,05	NÃO VERIFICA
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	5,49	17,17	VERIFICA
PIS	CS OLEIROS	8,12	20,32	VERIFICA
	CS PROENÇA-A-NOVA	7,55	15,56	VERIFICA
	CS SERTÃ	16,26	12,29	NÃO VERIFICA
	CS VILA DE REI	37,68	21,66	NÃO VERIFICA

Note-se que alguns edifícios da ULS, pela envolvente opaca vertical, ultrapassam as necessidades máximas  $N_i^*$  que foram determinados com base na mesma expressão mas com valores de referência de acordo com a Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro.

Salienta-se mais uma vez que apenas estão consideradas as paredes e os vãos envidraçados.

## 6.6. Desempenho térmico da envolvente opaca vertical - $N_{vc}^*$

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento  $N_{vc}$  dependem do fator de utilização, dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento e da área útil do pavimento, conforme a expressão (43), conforme o Despacho Extracto 15973-I/2013, de 3 de dezembro da 2ª série.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \times Q_{g,v}/A_p \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}] \quad (43)$$

Pela mesma analogia que as necessidades de aquecimento, as transferências de calor apresentadas no ponto 6.2 apenas consideraram as paredes e os vãos envidraçados, e no ponto 6.3.2 foram consideradas taxas de renovação de ar para arrefecimento de  $0,6\text{h}^{-1}$ , os valores finais de  $N_{vc}^*$  aqui calculados não refletem as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento dos edifícios, mas sim apenas uma parte dessa energia útil.

De acordo com a expressão anterior, as necessidades nominais anuais de arrefecimento, pela envolvente opaca vertical,  $N_{vc}^*$  e máximos de energia útil para arrefecimento, também pela envolvente opaca vertical,  $N_v^*$ , dos edifícios da ULS são as apresentadas na Tabela 46.

**Tabela 46** - Parte das Necessidades nominais anuais de arrefecimento  $N_{vc}^*$  e parte dos valores máximos de energia útil para arrefecimento  $N_v^*$  dos edifícios da ULS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$N_{vc}^*$	$N_v^*$	VERIFICAÇÃO
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
BIS	HAL	35,75	30,09	NÃO VERIFICA
	CS S. MIGUEL	43,17	30,09	NÃO VERIFICA
	CS S. TIAGO	45,59	38,30	NÃO VERIFICA
	CS IDANHA-A-NOVA	42,54	30,09	NÃO VERIFICA
	CS PENAMACOR	59,96	25,11	NÃO VERIFICA
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	45,84	38,30	NÃO VERIFICA
PIS	CS OLEIROS	23,98	12,64	NÃO VERIFICA
	CS PROENÇA-A-NOVA	18,05	13,45	NÃO VERIFICA
	CS SERTÃ	32,01	16,77	NÃO VERIFICA
	CS VILA DE REI	29,35	13,87	NÃO VERIFICA

Note-se que todos os edifícios da ULS ultrapassam parte das necessidades máximas de arrefecimento  $N_v^*$  que foram determinados com base na expressão (43) mas com valores de referência de acordo com a Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro.

## 7. Consumos energéticos reais entre 2011 e 2013

### 7.1. Recolha dos consumos energéticos

Os consumos energéticos foram obtidos com base na faturação real dos anos de 2011, 2012 e 2013. Foi um trabalho moroso, pois a cada fatura de eletricidade de cada mês, de cada ano, de cada edifício, teve-se que retirar os consumos energéticos por horário de funcionamento definidos pelo fornecedor de energia elétrica, como os horários de super vazio, vazio normal, pontas e cheias. Para os consumos do gás bastou retirar de cada fatura, de cada ano, de cada local, os consumos resultantes. Só assim foi possível criar um sistema de controlo de consumos e custos por edifício.

Com a necessidade de existir este controlo para as outras instalações, em paralelo foi desenvolvida uma aplicação pelo autor deste trabalho em formato intranet com base na programação livre *php* e *mysql* em funcionamento desde então, permitindo aos utilizadores nomeados como responsáveis pelos consumos e leituras dos contadores de diferentes edifícios, acompanhar a evolução dos consumos de que lhes dizem respeito, com vista à apresentação dos consumos aos superiores hierárquicos.

Nem todos os edifícios têm aquecimento ou sistema de aquecimento de águas sanitárias com recurso a caldeiras a gás.

A Tabela 47 demonstra, à data, as fontes de energia instaladas nos edifícios em estudo da ULS.

**Tabela 47 - Fontes de Energia para aquecimento, arrefecimento, AQS e microprodução de energia dos edifícios em estudo da ULS**

NUT III	EDIFÍCIO	ENERGIA ASSOCIADA PARA AQUECIMENTO	ENERGIA ASSOCIADA PARA ARREFECIMENTO	ENERGIA ASSOCIADA P/ PRODUÇÃO AQS	ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA AQS	ENERGIA RENOVÁVEL PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
BIS	HAL	GÁS NATURAL	ELETRICIDADE	GÁS NATURAL	NÃO TEM	NÃO TEM
	CS S. MIGUEL	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	ELECTRICIDADE	NÃO TEM	NÃO TEM
	CS S. TIAGO	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO
	CS IDANHA-A-NOVA	GPL - CANALIZADO	ELETRICIDADE	GPL - CANALIZADO	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO
	CS PENAMACOR	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	NÃO TEM	NÃO TEM
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	GPL - CANALIZADO	ELETRICIDADE	GPL - CANALIZADO	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO
PIS	CS OLEIROS	GPL - CANALIZADO	ELETRICIDADE	GPL - CANALIZADO	NÃO TEM	NÃO TEM
	CS PROENÇA-A-NOVA	GPL - CANALIZADO	ELETRICIDADE	GPL - CANALIZADO	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO
	CS SERTÃ	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO
	CS VILA DE REI	GPL - CANALIZADO	ELETRICIDADE	GPL - CANALIZADO	SOLAR TERMICO	SOLAR FOTOVOLTAICO

Para além dos edifícios em estudo neste trabalho, que são os centros de saúde e hospital, existem outros edifícios mais pequenos (extensões de saúde) que estão inseridos na plataforma desenvolvida, pois são controlados todos os consumos dos edifícios onde a ULS presta cuidados de saúde e dos quais existe contrato com os fornecedores de energia.

A aplicação permite em cada local acompanhar os consumos, quer através de tabelas, quer através de gráficos. Na Figura Ap.II. 1 até à Figura Ap.II. 10, do Apêndice II, são demonstrados alguns destes quadros e gráficos que são gerados por esta aplicação e também são demonstrados alguns ambientes gráficos da mesma.

Esta aplicação permitiu de uma forma mais organizada obter os quadros de consumos de energia elétrica e de gás necessários para este trabalho.

A análise dos consumos apresentada, é uma análise macro, pois seria necessário sectorizar os consumos por climatização, por AQS, por iluminação, por equipamentos, entre outros, para se perceber o consumo real por pontos, o que não é possível de momento por não existirem contadores instalados nem um levantamento exaustivo de todos os equipamentos instalados nos edifícios da ULS.

De acordo com o Despacho n.º 4859/2013, de 9 de abril da 2ª série, O Ministério da Saúde definiu metas face aos consumos de 2013 com os de 2011, em que o consumo anual de eletricidade e gás de 2013 tem de reduzir 10%, o consumo de água 5% e a produção de resíduos 5%.

A seguir são demonstrados os consumos de energia elétrica dos edifícios em estudo da ULS.

## **7.2. Consumos de energia elétrica dos edifícios em estudo da ULS**

Os consumos de eletricidade obtidos depois de compilar os últimos três anos de consumo, como atrás referido, são os apresentados na Tabela Ap.III. 1, do Apêndice III, expressos em kWh.

É de salientar que o maior consumidor de energia elétrica é o HAL, tal justifica-se por ser um edifício complexo, com equipamentos pesados quer para aquecimento e arrefecimento, ou para cuidados de saúde através de equipamentos médicos e outros.

Com base na Tabela Ap.III. 1, do Apêndice III, é possível observar, de uma forma mais esquemática, os resultados dos consumos de eletricidade em kWh, igualmente representados graficamente através das Figura 75 a 80.

Pela análise gráfica pode-se concluir que os Centros de Saúde de S. Miguel, Penamacor, Sertã e Vila de Rei consomem mais energia elétrica nos meses mais frios enquanto os Centros de Saúde de Idanha-a-Nova e Vila Velha de Ródão consomem mais nos meses mais quentes. O Centro de Saúde de S. Tiago apresenta consumos

mais ou menos idênticos ao longo do ano, à exceção do mês de dezembro do ano 2013 onde se observa um pico de consumo, no entanto há que lembrar que os valores foram obtidos através de faturas, e neste caso verificou-se que o consumo em janeiro de 2014 era demasiado baixo em comparação com os valores até à data apurados, pelo que se deduz que houve acertos por parte do fornecedor de energia elétrica.

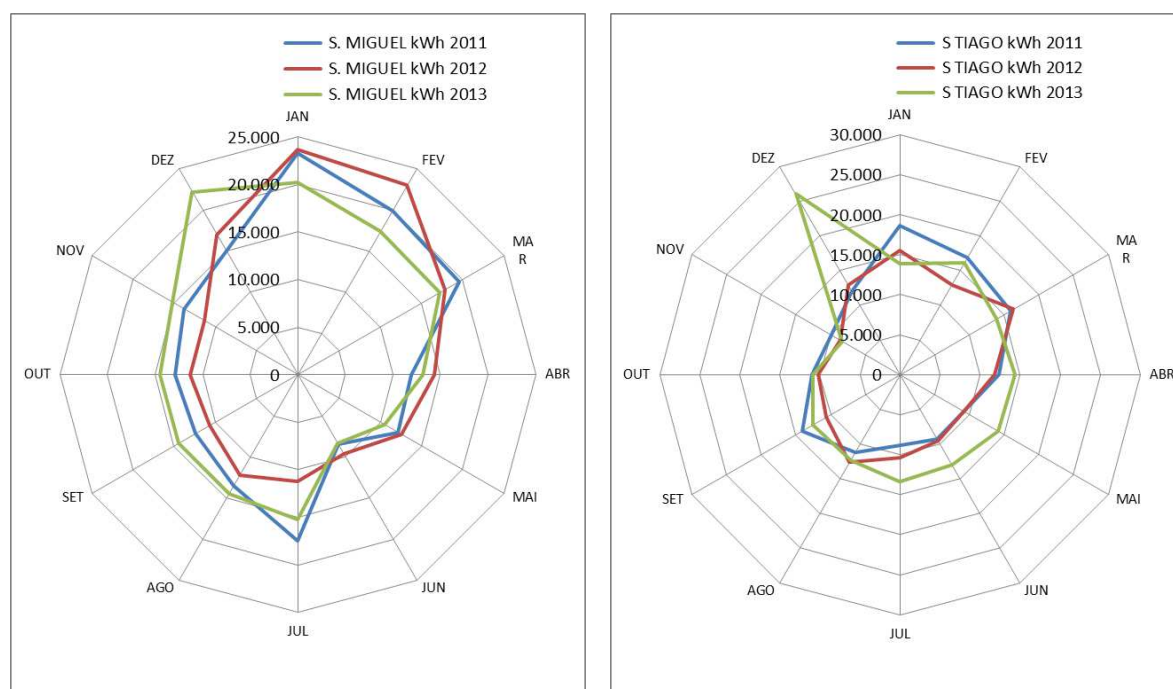


Figura 75 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de S. Miguel, S. Tiago, entre 2011 e 2013.

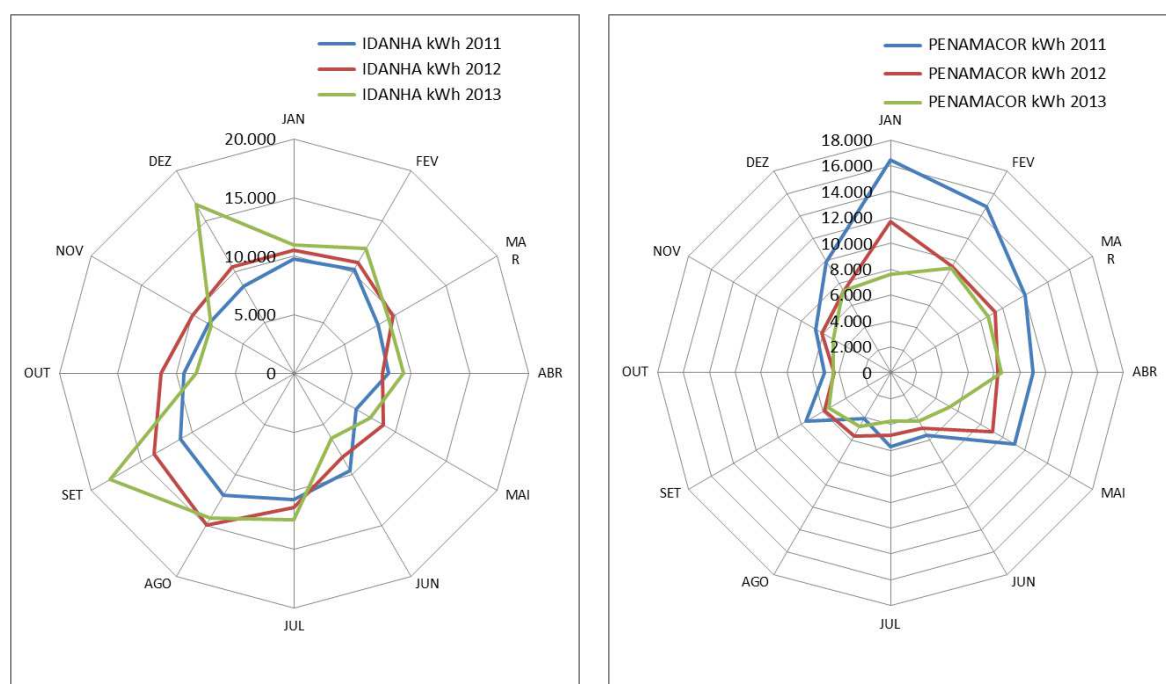


Figura 76 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Idanha-a-Nova e Penamacor entre 2011 e 2013

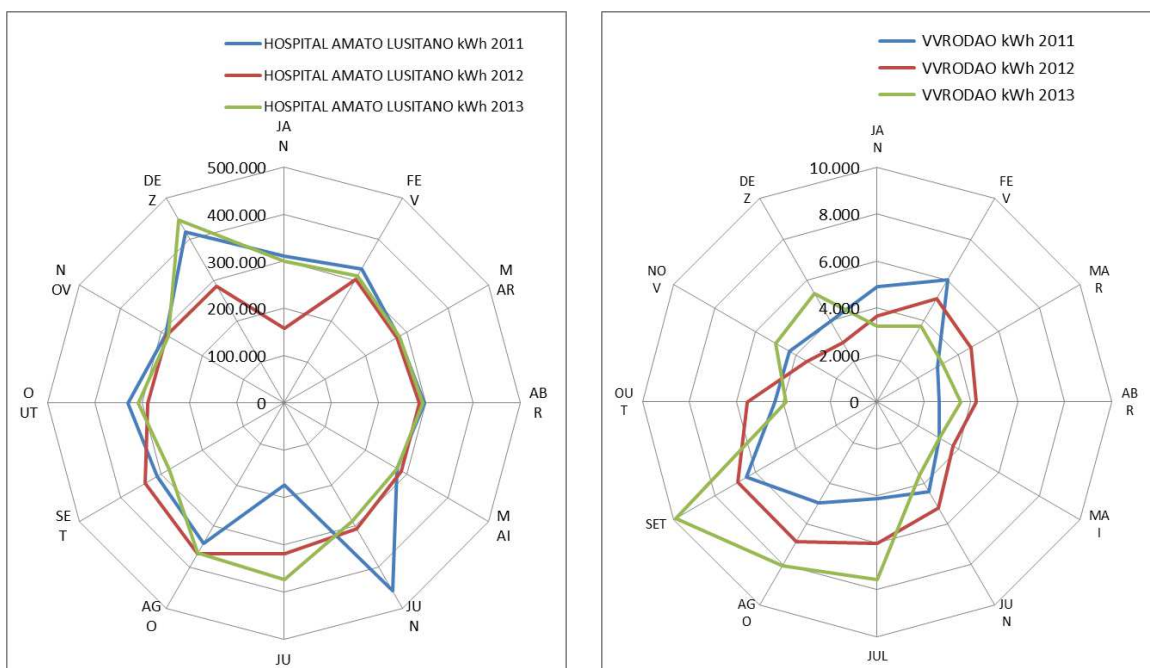


Figura 77 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh do HAL e do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão entre 2011 e 2013.

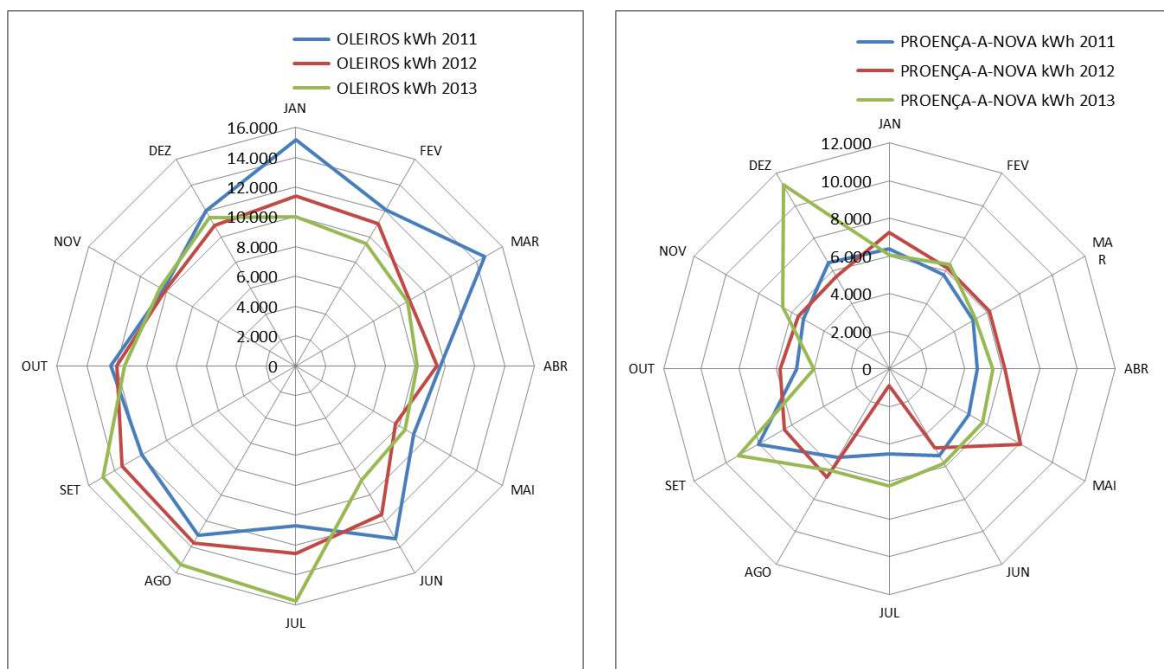
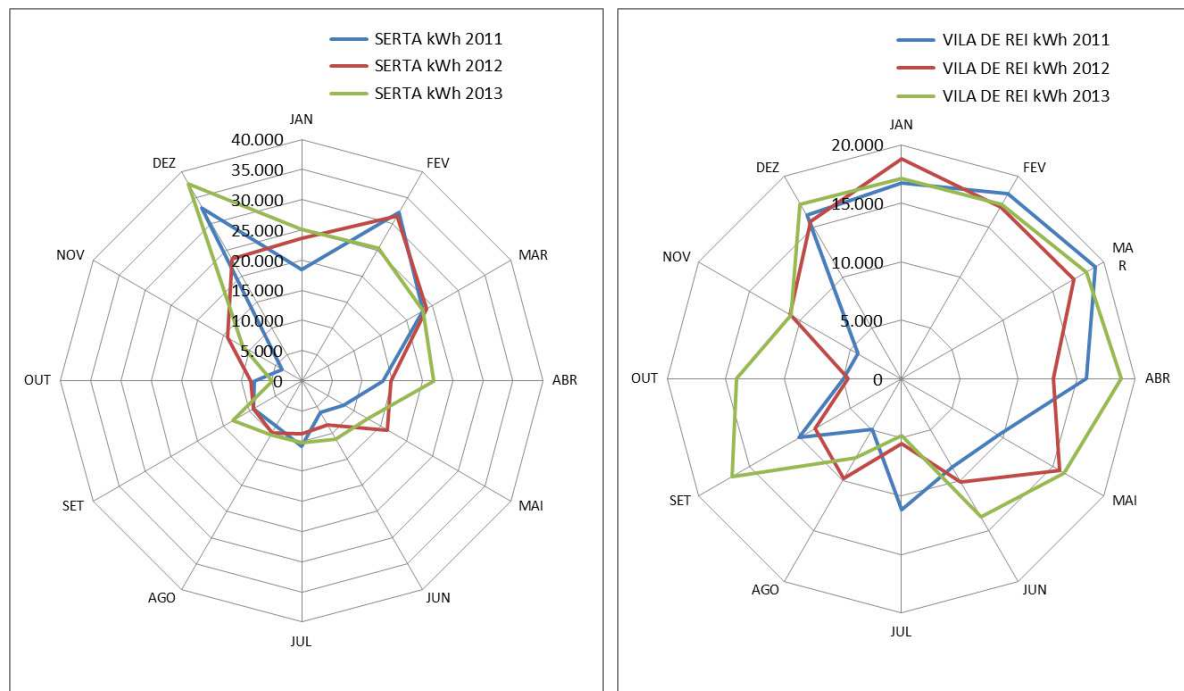
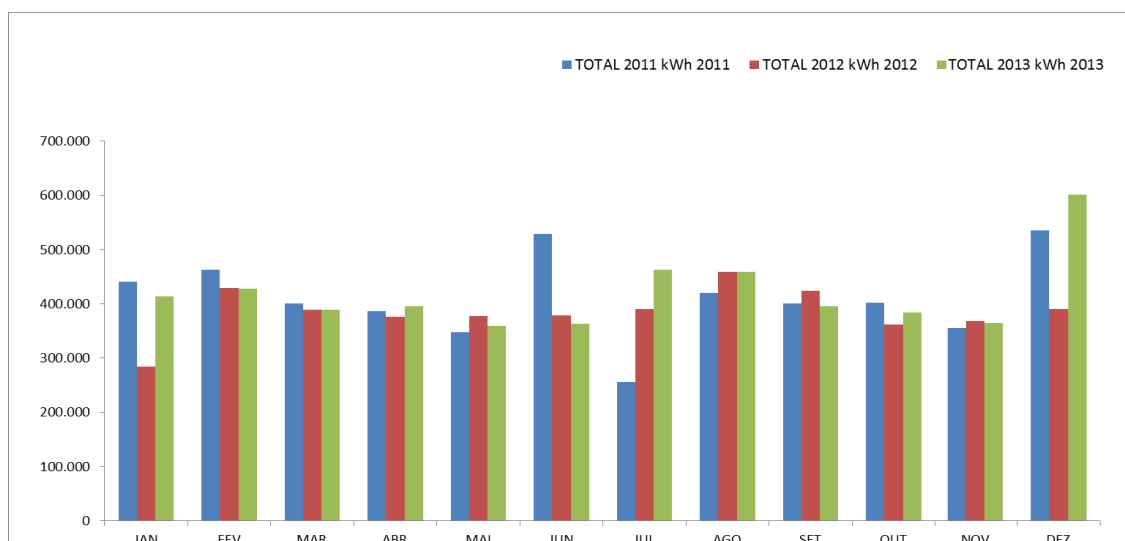


Figura 78 - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Oleiros, Proença-a-Nova entre 2011 e 2013



**Figura 79** - Radares dos consumos de eletricidade em kWh dos Centros de Saúde de Sertã e Vila de Rei entre 2011 e 2013.



**Figura 80** - Gráfico dos consumos totais de eletricidade em kWh de todos os edifícios em estudo da ULS entre 2011 e 2013.

Os consumos de energia elétrica oscilam de mês para mês ao longo do ano, sendo o maior consumidor o HAL com uma média mensal dos três anos (2011-2013) a rondar os 308.888kWh, pois é um valor bastante grande comparativamente com os consumos mensais se se considerar no conjunto todos os centros de saúde que apresentam uma média mensal de 10.711kWh.

Segundo a Portaria n.º 349D de 2 de dezembro de 2013, o cálculo do indicador de eficiência energética efetivo (IEE<sub>EF</sub>) deve ter por base os valores médios anuais, pelo que torna-se necessário efetuar o cálculo dos mesmos com valores médios. Os valores médios calculados são apresentados na Tabela 48.

Os valores de microprodução não são possíveis obter, uma vez que a ULS não tem acesso a esta informação, por ter sido celebrado um acordo entre a Administração Regional de Saúde do Centro, IP (ARSC) e o Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH). O acordo abrange um empréstimo das coberturas de alguns edifícios da ULS por um período definido no acordo, e a faturação de microprodução fica no titular do SUCH. A contrapartida para a ULS é a redução da fatura de consumo.

**Tabela 48** - Consumos médios em kWh de eletricidade entre 2011 e 2013 por mês de cada edifício em estudo da ULS.

LOCAL	UN.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA TOTAL
CS S. MIGUEL	kWh	22.389	20.080	18.235	13.152	11.737	8.815	14.638	13.398	12.536	12.876	13.435	18.085	179.376
CS S TIAGO	kWh	16.013	15.291	15.415	12.859	10.815	10.584	10.835	12.063	12.416	10.699	8.946	16.971	152.908
CS IDANHA-A-NOVA	kWh	10.398	11.173	9.134	8.331	7.488	8.084	11.593	13.701	14.333	9.665	8.839	11.910	124.648
CS OLEIROS	kWh	12.171	10.851	10.700	9.098	8.443	11.236	13.007	14.041	13.423	11.966	10.274	11.469	136.678
CS PENAMACOR	kWh	11.914	11.235	10.001	9.282	8.466	4.938	4.747	4.859	6.281	4.608	5.979	8.162	90.474
CS PROENÇA-A-NOVA	kWh	6.549	6.109	5.530	5.438	6.215	5.330	3.887	6.113	7.910	4.918	5.810	7.802	71.612
CS SERTA	kWh	22.376	29.726	23.386	16.683	12.316	8.586	9.926	9.671	10.571	7.092	9.785	31.322	191.440
CS VILA DE REI	kWh	17.530	17.462	18.121	15.858	13.758	10.828	7.170	7.543	11.743	7.846	8.708	16.309	152.875
CS VVRODAO	kWh	3.931	4.947	3.612	3.465	3.283	4.407	5.893	6.633	7.722	4.596	4.247	4.077	56.814
HOSPITAL AMATO LUSITÃO	kWh	256.267	313.172	278.928	292.186	279.533	351.116	288.262	358.439	310.212	308.617	286.868	383.061	3.706.661
TOTAL	kWh	379.537	440.047	393.062	386.352	362.055	423.924	369.957	446.460	407.147	382.883	362.891	509.169	4.863.485

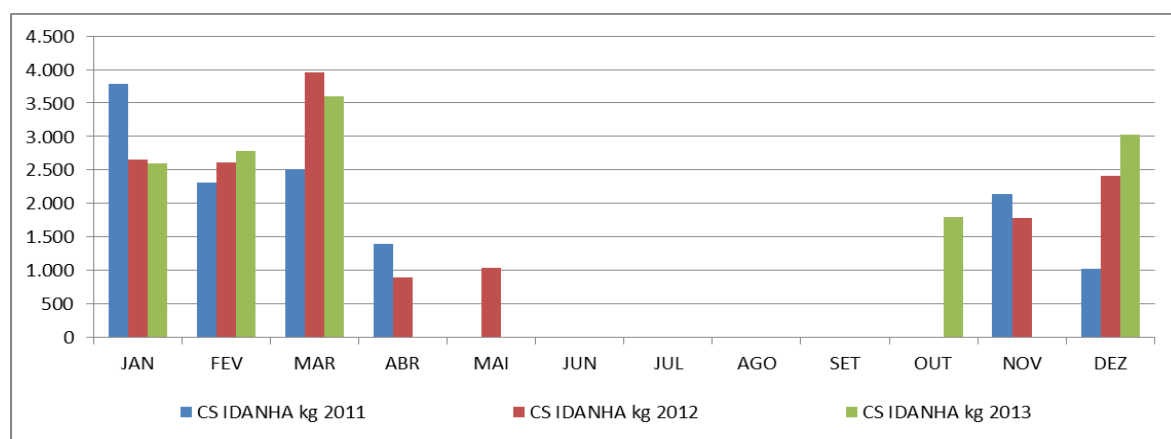
### 7.3. Consumo de gás natural GN e gás propano GPL

Os consumos de gás também foram obtidos com base na faturação real, a Tabela 49 apresenta os dados relacionados com os consumos por edifício com caldeiras a gás. A representação gráfica destes consumos está conforme os gráficos de barras das Figura 81 a 85.

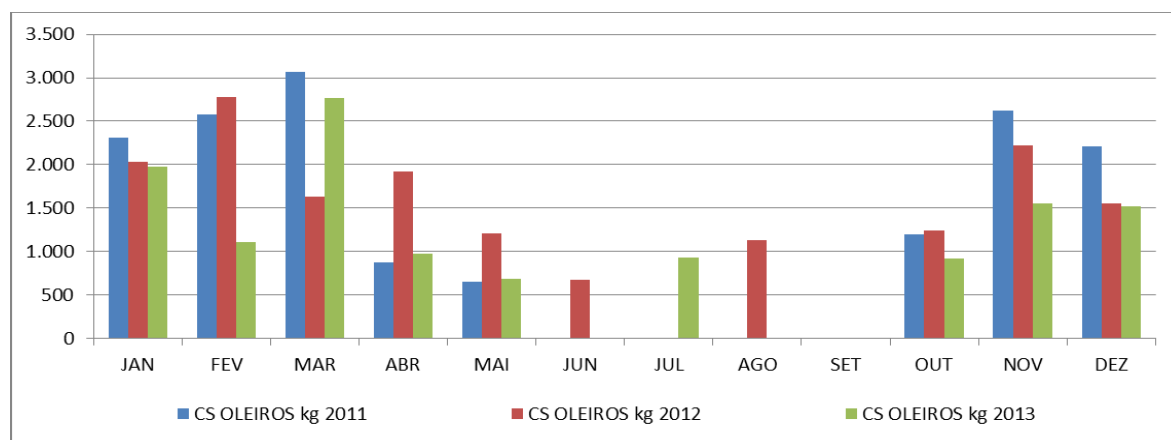
Apesar do Centro de Saúde de Vila de Rei dispor de caldeira, não foram faturados consumos de gás entre 2011 e 2013, pelo que não são contabilizados os consumos anteriores a este período, isto porque o arrefecimento e aquecimento do edifício é feito por *chiller* com energia elétrica, a caldeira apenas serve para obter água quente sanitária (AQS) e como este centro de saúde tem painéis solares para AQS, não entra em funcionamento para aquecer a água. Os painéis existentes são suficientes para satisfazer as necessidades de água quente sanitária.

**Tabela 49 - Consumo de gás entre 2011 e 2013 por meses dos edifícios da ULS com caldeiras.**

LOCAL	UN.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
CS IDANHA (GPL)	kg 2011	3.781	2.308	2.514	1.393	0	0	0	0	0	0	2.141	1.016	13.153
	kg 2012	2.657	2.605	3.951	898	1.043	0	0	0	0	0	1.775	2.414	15.343
	kg 2013	2.592	2.789	3.599	0	0	0	0	0	0	1.795	0	3.025	13.800
CS OLEIROS (GPL)	kg 2011	2.308	2.576	3.064	876	649	0	0	0	0	1.199	2.619	2.208	15.499
	kg 2012	2.028	2.773	1.631	1.916	1.204	671	0	1.128	0	1.237	2.223	1.552	16.363
	kg 2013	1.976	1.108	2.769	975	685	0	927	0	0	918	1.557	1.524	12.439
CS PROENÇA-A-NOVA (GPL)	kg 2011	2.872	1.687	1.060	1.154	0	0	0	1.014	0	0	974	1.358	10.119
	kg 2012	1.251	2.100	1.348	0	1.422	0	1.047	0	0	0	1.199	2.609	10.976
	kg 2013	1.234	1.403	2.864	1.202	953	0	777	0	0	0	1.442	1.609	11.484
CS VVRODAO (GPL)	kg 2011	1.024	699	1.110	0	485	0	0	0	0	0	737	674	4.729
	kg 2012	787	1.114	772	665	595	0	0	314	0	195	714	1.005	6.161
	kg 2013	791	769	712	776	618	418	831	0	0	449	632	655	6.651
HOSPITAL AMATO LUSITANO (gás natural)	kWh 2011	492.966	369.183	375.499	200.338	146.889	106.951	98.650	97.567	112.844	131.614	337.401	462.689	2.932.591
	kWh 2012	480.573	511.752	371.569	394.155	204.732	100.681	81.675	93.030	98.786	233.916	379.868	539.248	3.489.985
	kWh 2013	533.909	475.044	509.641	362.401	296.050	125.741	93.627	94.055	116.175	0	419.429	536.482	3.562.554



**Figura 81 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Idanha-a-Nova entre 2011 e 2013.**



**Figura 82 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Oleiros entre 2011 e 2013.**

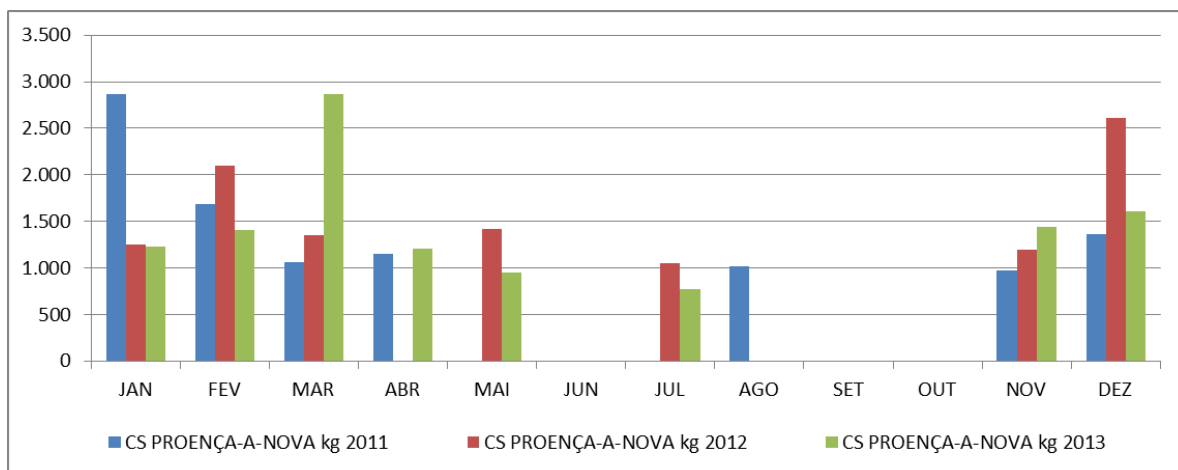


Figura 83 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Proença-a-Nova entre 2011 e 2013.

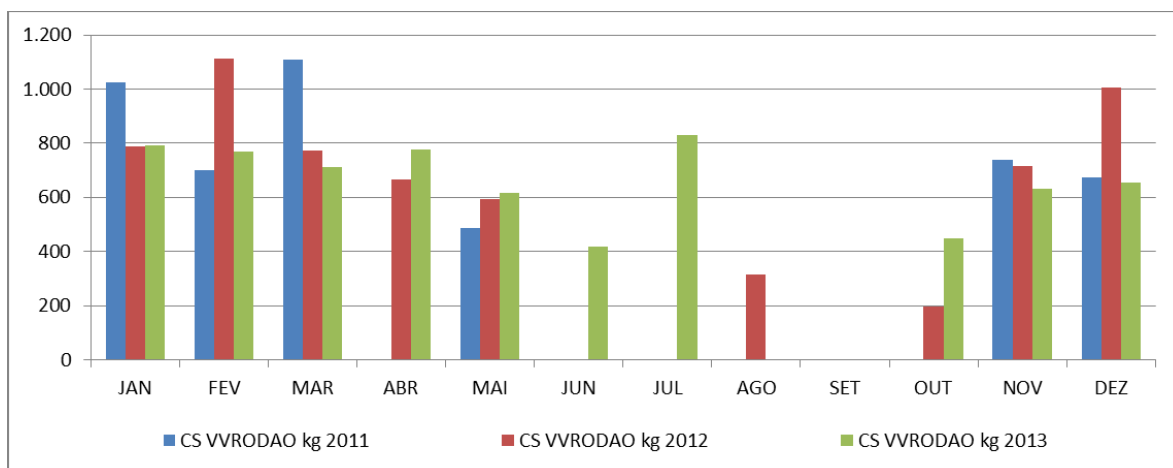


Figura 84 - Consumo de gás GPL em kg do Centro de Saúde de Vila Velha de Ródão entre 2011 e 2013.

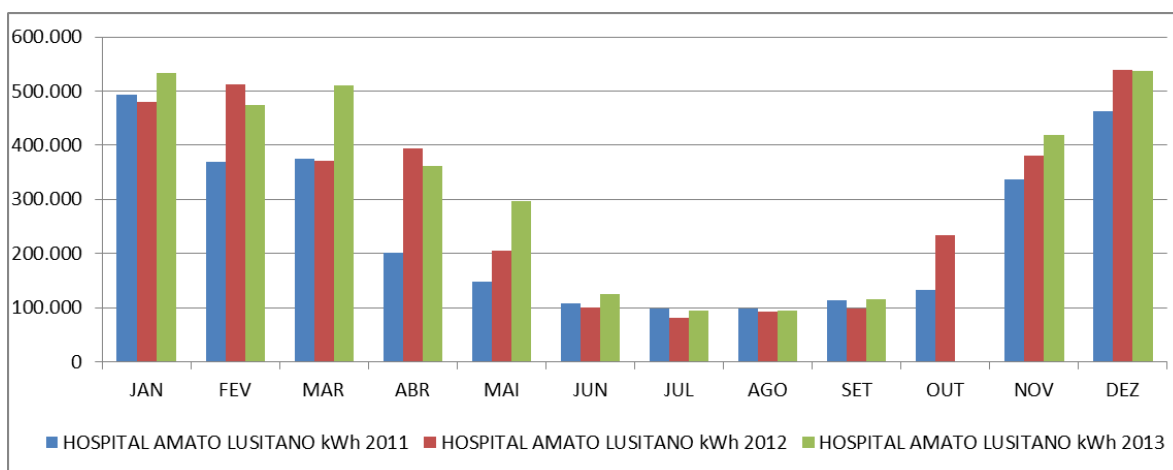


Figura 85 - Consumo de gás natural em kWh do HAL entre 2011 e 2013.

Note-se que nos gráficos de consumo de gás dos centros de saúde não aparecem valores de alguns meses, por não ser possível aferir o consumo real, uma vez que não existem contadores de gás. Os valores representados são retirados da faturação que correspondem aos quilos de gás abastecidos nos reservatórios pelos fornecedores, no entanto verifica-se a necessidade do gás no inverno para o aquecimento, nos períodos do verão, são realizados abastecimentos esporádicos para repor os níveis de gás.

O Hospital possui rede de gás natural, onde é possível aferir o consumo real. Pode-se observar que os maiores consumos de gás natural incidem nos períodos do inverno. O fato do HAL ter internamentos, afeta o consumo de gás natural mesmo nos meses do verão, pois existe algum consumo menor que o do inverno. No entanto, outra parte do consumo de gás nos meses do verão é justificada pelo plano de manutenção das instalações, no qual todas as noites, as águas são aquecidas até aos 70°C durante um determinado período para combater possíveis pontos com possibilidade de formação da bactéria *Legionella*. Lembra-se que as bactérias do género *Legionella* encontram-se em ambientes aquáticos naturais e também em sistemas artificiais, como redes de abastecimento e distribuição de água, em redes prediais de água quente e água fria, ar condicionado e sistemas de arrefecimento existentes em edifícios hospitalares, entre outros edifícios (IPQ e CS04, 2012).

Salienta-se o fato dos consumos de GPL nos centros de saúde serem com base na faturação, ou seja, cada fatura corresponde a um abastecimento e não ao consumo efetivo, poderá haver situações em que o consumo é aproximado, pois não existem contadores nestes casos. Para todos os efeitos, neste trabalho, considerou-se que cada fatura no período de um mês corresponde ao consumo do mês.

Da interpretação do Despacho n.º 4859/2013, de 9 de abril da 2ª série, a meta de reduzir os consumos de eletricidade e gás de 2013 face aos de 2011 em 10%, é necessário entrar com os consumos de eletricidade e gás em simultâneo.

As variações em percentagem dos consumos de 2013 face aos de 2011 estão apresentados na Tabela 50, onde se pode observar que as metas não foram cumpridas para a maioria dos edifícios em estudo.

**Tabela 50 - Variação dos consumos de energia entre 2013 e 2011 dos edifícios em estudo da ULS**

LOCAL	ELETRICIDADE TOTAL		GÁS TOTAL		TOTAL		VARIÇÃO
	kWh 2011	kWh 2013	kWh 2011	kWh 2013	kWh 2011	kWh 2013	
HOSPITAL AMATO LUSITANO	3.810.999	3.806.260	2.932.591	3.562.554	6.743.590	7.368.814	9,3%
S. MIGUEL	180.479	182.801	na	na	180.479	182.801	1,3%
S TIAGO	149.294	168.903	na	na	149.294	168.903	13,1%
IDANHA	112.402	133.739	178.881	187.680	291.283	321.419	10,3%
PENAMACOR	109.786	74.718	na	na	109.786	74.718	-31,9%
VVRODAO	52.127	60.147	64.314	90.454	116.441	150.601	29,3%
OLEIROS	144.475	133.018	210.786	169.170	355.261	302.188	-14,9%
PROENÇA-A-NOVA	66.888	78.296	137.618	156.182	204.506	234.478	14,7%
SERTA	174.844	207.058	na	na	174.844	207.058	18,4%
VILA DE REI	139.708	172.452	7.181	0	146.889	172.452	17,4%
<b>TOTAL</b>	<b>4.941.002</b>	<b>5.017.392</b>	<b>3.531.372</b>	<b>4.166.040</b>	<b>8.472.373</b>	<b>9.183.433</b>	<b>8,4%</b>

na - não aplicável

## 7.4. Indicadores de Eficiência Energética Efetivos (IEE<sub>EF</sub>)

### 7.4.1. Determinação de IEE<sub>EF</sub>

O indicador de eficiência energético efetivo é calculado com base nas médias dos três anos últimos de consumo, pelo que, a seguir é apresentada a Tabela 51 com as médias de consumo de gás.

**Tabela 51** - Consumos médios por mês de gás entre 2011 e 2013 dos edifícios em estudo da ULS.

LOCAL	UN	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA TOTAL
CS IDANHA	kg	3.010	2.567	3.355	764	348	0	0	0	0	598	1.305	2.152	14.099
CS OLEIROS	kg	2.104	2.152	2.488	1.256	846	224	309	376	0	1.118	2.133	1.761	14.767
CS PROENÇA-A-NOVA	kg	1.786	1.730	1.757	785	792	0	608	338	0	0	1.205	1.859	10.860
CS VVRODAO	kg	867	861	865	480	566	139	277	105	0	215	694	778	5.847
HOSPITAL AMATO LUSITANO	kWh	502.483	451.993	418.903	318.965	215.890	111.124	91.317	94.884	109.268	121.843	378.899	512.806	3.328.377

O Indicador de Eficiência Energético efetivo (IEE<sub>EF</sub>) é calculado a partir do consumo médio anual de energia final (E<sub>f</sub>), por fonte de energia (i), expresso em kWh, e tendo em conta o respetivo fator de conversão para energia primária (F<sub>pi</sub>), e a área interior útil do pavimento (A<sub>p</sub>) do edifício, conforme a expressão (44).

$$IEE_{EF} = \frac{1}{A_p} \sum E_{f_i} \cdot F_{pi} \quad [\text{kWh}_{EP} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (44)$$

Com base nos consumos efetivos calculados no ponto anterior, é possível aferir o IEE<sub>EF</sub> de cada edifício em estudo.

Antes de mais é preciso converter a energia elétrica tendo em conta o seu fator de conversão em energia primária F<sub>pu</sub>, de acordo com a Tabela 52.

**Tabela 52** - Conversão da energia elétrica para energia primária.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ELETRICIDADE MÉDIA ANUAL (2011-2013) kWh	F <sub>pu</sub> kWh <sub>EP</sub> /kWh	ELETRICIDADE MÉDIA ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>
BIS	HAL	3.706.660,7	2,5	9.266.651,8
	CS S. MIGUEL	179.375,5		448.438,8
	CS S TIAGO	152.908,3		382.270,8
	CS IDANHA-A-NOVA	124.647,7		311.619,3
	CS PENAMACOR	90.473,7		226.184,2
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	56.813,7		142.034,3
PIS	CS OLEIROS	136.678,3	2,5	341.695,8
	CS PROENÇA-A-NOVA	71.611,7		179.029,2
	CS SERTA	191.440,3		478.600,8
	CS VILA DE REI	152.874,7		382.186,8

Como os consumos médios de gás GPL atrás calculados têm por base a unidade de kg, é preciso converter para kWh e posteriormente em energia primária. Estes dados são apresentados na Tabela 53.

**Tabela 53 - Conversão da energia gás para energia primária.**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	GÁS GPL MÉDIO ANUAL (2011-2013) (kg)	FACTOR CONVERSÃO kg GPL para kWh	GÁS GPL MÉDIO ANUAL (2011-2013) (kWh)	GÁS NATURAL MÉDIO ANUAL (2011-2013) (kWh)	F <sub>pu</sub> kWh <sub>EP</sub> /kWh	GÁS MÉDIO ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>
BIS	HAL	na	13,6	na	3.328.376,67	1	3.328.376,67
	CS S. MIGUEL	na		na	na		na
	CS S TIAGO	na		na	na		na
	CS IDANHA-A-NOVA	14.098,67		191.741,87	na		191.741,87
	CS PENAMACOR	na		na	na		na
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	5.847,00		79.519,20	na		79.519,20
PIS	CS OLEIROS	14.767,00	200.831,20	na	200.831,20		
	CS PROENÇA-A-NOVA	10.859,67	147.691,47	na	147.691,47		
	CS SERTA	na	na	na	na		
	CS VILA DE REI	176,00	2.393,60	na	2.393,60		

na – não aplicável

Por aplicação direta da expressão (44) e com base nos valores de energias primárias obtidos, os IEE<sub>EF</sub> de cada edifício são os constantes da Tabela 54 para edifícios da ULS na zona BIS e da Tabela 55 para edifícios da ULS na zona PIS.

**Tabela 54 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos IEE<sub>EF</sub> dos Edifícios em estudo da ULS, zona BIS**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ÁREA ÚTIL PAVIMENTO Ap m <sup>2</sup>	ELETRICIDADE MÉDIA ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>	GÁS MÉDIO ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>	IEE <sub>EF</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
BIS	HOSPITAL AMATO LUSITANO	17.447,58	9.266.651,8	3.328.376,67	721,88
	CS S. MIGUEL	2.075,95	448.438,8	na	216,02
	CS S TIAGO	1.432,89	382.270,8	na	266,78
	CS IDANHA	1.515,86	311.619,3	191.741,87	332,06
	CS PENAMACOR	903,53	226.184,2	na	250,33
	CS VVRODAO	905,19	142.034,3	79.519,20	244,76

na – não aplicável

**Tabela 55 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos IEE<sub>EF</sub> dos Edifícios em estudo da ULS, zona PIS**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ÁREA ÚTIL PAVIMENTO Ap m <sup>2</sup>	ELETRICIDADE MÉDIA ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>	GÁS MÉDIO ANUAL (2011-2013) kWh <sub>EP</sub>	IEE <sub>EF</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
PIS	CS OLEIROS	1411,27	341.695,8	200.831,20	384,42
	CS PROENÇA-A-NOVA	1208,17	179.029,2	147.691,47	270,43
	CS SERTA	1468,42	478.600,8	na	325,93
	CS VILA DE REI	1392,97	382.186,8	2.393,60	276,09

na – não aplicável

Como se pode verificar nas duas tabelas anteriores, o Hospital Amato Lusitano é o que tem um IEE<sub>EF</sub> mais elevado, pode ser explicado pelo fato neste edifício existirem

muitos equipamentos elétricos, além de muitos serviços que estão 24/24 horas, durante todo o ano a funcionar.

#### 7.4.2. Indicadores de Eficiência Energéticos efetivos versus Necessidades $N_{ic}^*$ e $N_{vc}^*$

Todos os edifícios da ULS têm características muito diferenciadas, como se pôde demonstrar pelas suas dimensões e geometria, assim como pelas características que compõem as fachadas de cada um. Como foi referido, a evolução construtiva acompanhou melhorias nos coeficientes de transmissão térmica das paredes, visto que tem vindo a diminuir, no entanto, pela análise das necessidades nominais anuais de aquecimento e arrefecimento há um longo caminho a percorrer se pretendermos reduzir consumos, porque três dos edifícios da ULS não cumprem as necessidades nominais anuais de aquecimento e apenas um cumpre as necessidades anuais de arrefecimento.

Os profissionais de saúde no modo geral pretendem manter o conforto, o que leva a deduzir que sem alterações, os edifícios continuarão a apresentar consumos de energia elevados, dando origem a que sejam emitidos gases com efeitos de estufa (GEE) em grandes quantidades. Salienta-se para o facto das energias utilizadas recorrerem a fontes de recursos fósseis, com limites esgotáveis.

É preciso realizar algumas simulações para que se possam tomar decisões, por isso, no capítulo seguinte é demonstrado alguns cenários possíveis para reduzir os consumos, através da utilização de outras soluções de fachadas.

Através da Tabela 56, verifica-se que os consumos efetivos são superiores às necessidades aferidas ( $N_{ic}^*$  e  $N_{vc}^*$ ), pela envolvente opaca vertical, chegando no HAL perto de oito vezes e meia.

**Tabela 56 - Relação Consumo Efetivo versus Necessidades parciais.**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	NECESSIDADES PARCIAIS DL 118			CONSUMO EFETIVO			RELAÇÃO CONSUMO / NECESSIDADES PARCIAIS
		ÁREA ÚTIL $A_p$ m <sup>2</sup>	$N_{vc}^*$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$N_{ic}^*$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Eletricidade média anual (2011-2013) kWh	Gás médio anual (2011-2013) kWh	CE (eletricidade + gás) kWh/m <sup>2</sup> .ano	
BIS	HAL	17.447,58	35,75	12,22	3.706.660,70	3.328.376,67	403,21	8,41
	CS S. MIGUEL	2.075,95	43,17	12,64	179.375,50		86,41	1,55
	CS S. TIAGO	1.432,89	45,59	9,97	152.908,30		106,71	1,92
	CS IDANHA-A-NOVA	1.515,86	42,54	9,09	124.647,70	191.741,87	208,72	4,04
	CS PENAMACOR	903,53	59,96	89,29	90.473,67		100,13	0,67
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	905,19	32,08	5,49	56.813,70	79.519,20	150,61	4,01
PIS	CS OLEIROS	1.411,27	23,98	8,12	136.678,30	200.831,20	239,15	7,45
	CS PROENÇA-A-NOVA	1.208,17	18,05	7,55	71.611,67	147.691,47	181,52	7,09
	CS SERTÃ	1.468,42	32,01	16,26	191.440,33		130,37	2,70
	CS VILA DE REI	1.392,97	29,35	37,68	152.874,70	2.393,60	111,47	1,66

## 8. Modelação e definição de estratégias para redução de consumos energéticos

### 8.1. Introdução

Pretende-se neste capítulo demonstrar a possibilidade de reduzir os consumos através de um modelo criado com base em dados de todos os edifícios da ULS, utilizando diversas simulações de seis cenários possíveis com recurso ao programa informático *DesignBuilder*.

### 8.2. O modelo

Através das áreas das fachadas dos edifícios em estudo da ULS, foi criado um modelo tendo em conta as orientações dos pontos cardeais. O quadro resumo a seguir serviu de base para criar o modelo (Tabela 57).

**Tabela 57 - Áreas brutas, áreas das fachadas expostas por orientação e fatores forma.**

EDIFÍCIO	Área útil (m <sup>2</sup> )	Área Cob. (m <sup>2</sup> )	ÁREA PAREDES EXPOSTAS								Fator Forma
			Afach								
			N (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	E (m <sup>2</sup> )	SE (m <sup>2</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	W (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	
HAL	17.447,58	9.308,16	3.652,92	377,82	1.126,11	221,58	3.787,05	432,48	1.611,39	118,47	0,394
CS S. MIGUEL	2.075,95	1.604,65	0,00	572,60	0,00	578,73	0,00	572,60	0,00	579,43	0,538
CS S. TIAGO	1.432,89	851,09	93,30	122,73	85,98	158,91	118,80	40,62	242,28	133,74	0,430
CS IDANHA-A-NOVA	1.515,86	1.621,78	322,70	0,00	210,87	0,00	284,63	0,00	178,61	0,00	0,640
CS PENAMACOR	903,53	700,00	373,60	0,00	153,60	0,00	373,60	0,00	153,60	0,00	0,607
CS VILA VELHA DE RÓDÃO	905,19	750,98	48,00	137,82	42,48	303,45	0,00	94,80	79,02	161,69	0,596
CS OLEIROS	1.411,27	1.183,37	57,03	90,90	68,58	298,68	45,63	84,15	98,85	267,03	0,518
CS PROENÇA-A-NOVA	1.208,17	862,07	186,45	0,00	123,90	0,00	227,22	0,00	152,25	0,00	0,443
CS SERTÃ	1.468,42	1.481,70	40,70	247,42	49,13	236,44	75,90	220,76	49,13	260,44	0,566
CS VILA DE REI	1.392,97	1.723,95	0,00	283,17	0,00	303,81	0,00	283,14	0,00	303,62	0,693
<b>TOTAL</b>	<b>29.761,83</b>	<b>20.087,75</b>	<b>4.774,70</b>	<b>1.832,46</b>	<b>1.860,64</b>	<b>2.101,59</b>	<b>4912,83</b>	<b>1728,55</b>	<b>2.565,13</b>	<b>1.824,41</b>	<b>0,462</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>2.976,18</b>										<b>0,543</b>
<b>Ajuste de pontos cardeais</b>			<b>6.603,13</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>3.827,67</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>6.827,90</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>4.341,60</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	

Como se pretende que o modelo em planta seja retangular, metade das áreas que estão orientadas para os pontos colaterais passaram para os pontos cardeais, por exemplo, ao somatório das fachadas orientadas para nordeste, metade dessa área passa para norte e a outra metade para este, caso contrário obteríamos em planta uma figura do tipo octogonal. Também poderá ser objeto de estudo futuro este modelo octogonal. De seguida determinaram-se as relações entre os pontos cardeais, por forma a definir a relação entre as paredes segundo as orientações cardeais.

Da Tabela 58 resulta que as fachadas orientadas a norte e a sul são sensivelmente 1,65 vezes maiores que as fachadas orientadas para este e oeste.

**Tabela 58** - Relação entre as dimensões das fachadas para os diferentes pontos cardeais.

Relação entre pontos cardeais		MÉDIA
norte-este	1,73	1,65
norte-oeste	1,52	
sul-este	1,78	
sul-oeste	1,57	
este-oeste	0,88	
norte-sul	0,97	

O modelo possui uma volumetria aproximada ao fator forma médio de 0,543, tendo sido necessário proceder de forma iterativa mantendo um dos lados aproximadamente 1,65 vezes maior que o outro e um pé direito médio de 3,1m. O modelo que mais se aproximou do fator de forma de 0,543, foi um paralelepípedo de 25m de comprimento por 14m de largura e 3,1m de altura.

Para os vãos envidraçados, seguiu-se a mesma metodologia que as fachadas, ou seja, as áreas dos vãos que se encontram orientados para os pontos colaterais foram repartidas para os pontos cardeais. Os valores utilizados podem ser observados na Tabela 59.

**Tabela 59** - Relação entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento, áreas dos vãos envidraçados por orientação.

EDIFÍCIO	FATOR Aenv/Au	ÁREA ENVIDRAÇADOS							
		N (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	E (m <sup>2</sup> )	SE (m <sup>2</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	W (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )
HAL	0,101	541,74	60,84	101,57	31,32	836,92	70,52	123,04	0,00
CS S. MIGUEL	0,136	0,00	88,17	0,00	61,54	0,00	77,25	0,00	55,12
CS S. TIAGO	0,153	31,08	29,00	26,58	20,72	16,02	7,23	56,52	31,93
CS IDANHA-A-NOVA	0,166	62,17	0,00	55,96	0,00	91,38	0,00	41,63	0,00
CS PENAMACOR	0,216	47,40	0,00	26,40	0,00	85,04	0,00	36,00	0,00
CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,120	2,80	57,79	6,72	27,27	0,00	0,00	2,68	11,67
CS OLEIROS	0,098	3,25	8,25	10,63	64,37	3,25	3,25	15,75	29,25
CS PROENÇA-A-NOVA	0,081	37,40	0,00	12,18	0,00	33,30	0,00	14,40	0,00
CS SERTÃ	0,127	15,62	40,60	11,58	28,25	3,28	25,88	11,58	49,15
CS VILA DE REI	0,136	0,00	51,14	0,00	41,03	0,00	45,43	0,00	52,03
<b>TOTAL</b>	<b>0,115</b>	<b>741,45</b>	<b>335,79</b>	<b>251,61</b>	<b>274,50</b>	<b>1.069,19</b>	<b>229,55</b>	<b>301,60</b>	<b>229,14</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,133</b>	<b>74,15</b>	<b>33,58</b>	<b>25,16</b>	<b>27,45</b>	<b>106,92</b>	<b>22,95</b>	<b>30,16</b>	<b>22,91</b>
<b>Ajuste pontos cardeais</b>		<b>102,39</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>55,68</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>132,12</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>53,09</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

De igual modo, foram determinadas as relações entre os pontos cardeais para as áreas obtidas dos vãos envidraçados, a Tabela 60 demonstra a relação entre os pontos cardeais.

**Tabela 60** - Relação entre as dimensões dos vãos envidraçados para os diferentes pontos cardeais.

Relação entre pontos cardeais		MÉDIA
norte-este	1,84	2,16
norte-oeste	1,93	
sul-este	2,37	
sul-oeste	2,49	
este-oeste	1,05	
norte-sul	0,77	

Desta tabela resulta que as áreas dos vãos envidraçados orientados, quer a norte quer a sul, são sensivelmente 2,16 vezes maiores que aqueles orientados a este e oeste. Os vãos orientados a norte são menores que os orientados a sul em cerca de 77%. Assim como os vãos orientados a este apresentam maiores dimensões em relação aos orientados a oeste em cerca de 5%.

Atendendo à média da relação entre a área dos vãos envidraçados e a área útil de pavimento no valor de 0,133, a área total dos vãos envidraçados do modelo é de aproximadamente 48m<sup>2</sup> (25x14x0,133). Tendo em conta as relações dos vãos envidraçados da tabela anterior, as áreas dos vãos envidraçados para cada orientação dos pontos cardeais foram determinadas de forma iterativa, resultando em 18m<sup>2</sup> orientados a sul, 13,9m<sup>2</sup> a norte, 8,34m<sup>2</sup> a este e 7,97m<sup>2</sup> a oeste.

Para determinar a espessura das paredes e o coeficiente de transmissão térmica do modelo, teve-se em conta a espessura média das paredes dos edifícios e suas áreas. A espessura das paredes do modelo real é de 0,41m e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,83W/m<sup>2</sup>.°C, conforme a Tabela 61. Os vãos envidraçados possuem um coeficiente de transmissão térmica que varia entre os 3,8W/m<sup>2</sup>.°C e 5,1W/m<sup>2</sup>.°C.

A representação tridimensional do modelo corresponde à Figura 86.

**Tabela 61 - Determinação da espessura e do U das paredes do modelo.**

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ESPESSURA MÉDIA	U ponderado	ÁREA TOTAL		ESPESSURA x %	U ponderado x
		PONDERADA m	W/m <sup>2</sup> .°C	FACHADAS m <sup>2</sup>	%	ÁREA m x %	% ÁREA m <sup>2</sup> x %
BIS	HAL	0,44	0,82	11.327,82	52%	0,228	0,42
	CS S. MIGUEL	0,36	0,46	2.303,35	11%	0,040	0,05
	CS S. TIAGO	0,33	0,57	996,36	5%	0,017	0,03
	CS IDANHA-A-NOVA	0,39	0,54	996,81	5%	0,019	0,03
	CS PENAMACOR	0,56	2,18	1.054,40	5%	0,028	0,11
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	0,35	0,52	867,26	4%	0,014	0,02
PIS	CS OLEIROS	0,34	0,43	1.010,85	5%	0,017	0,02
	CS PROENÇA-A-NOVA	0,33	0,54	689,82	3%	0,010	0,02
	CS SERTÃ	0,30	1,01	1.179,91	5%	0,015	0,05
	CS VILA DE REI	0,43	1,56	1.173,73	5%	0,022	0,08
	<b>TOTAL</b>	<b>3,83</b>		<b>21.600,30</b>	<b>100%</b>	<b>0,409</b>	<b>0,826</b>

Esp par. modelo m	U modelo W/m <sup>2</sup> .°C
<b>0,41</b>	<b>0,83</b>



Figura 86 - Representação tridimensional do modelo no *DesignBuilder*.

### 8.3. Análise dinâmica do Modelo

A análise dinâmica do modelo foi realizada através do programa informático de simulação: *Designbuilder versão 3.4.0.041*.

No *DesignBuilder* é feita toda a modelação geométrica e introdução de dados, sendo a simulação realizada na plataforma de base do programa e que consiste no *EnergyPlus* ou o IEE Portugal.

O *DesignBuilder* é um programa com uma interface intuitiva acessível em termos de modelação tridimensional, possuindo algumas bibliotecas com predefinições para a modelação do edifício, no entanto foi necessário definir todas as soluções para este trabalho. As bibliotecas contêm apenas alguns dados relativos desde os materiais para paredes exteriores e interiores do edifício, passando por aberturas de vãos interiores e exteriores, dados de instalações mecânicas, até aos dados climatéricos e aos horários de utilização de diversos tipos de zona para os diferentes tipos de edifícios, entre outros.

O *EnergyPlus* é um programa de simulação de energia em edifícios mais utilizado e permite elaborar estudos de eficiência energética em edifícios existentes ou em fase de projeto enquanto o módulo IEE Portugal é o módulo principal da versão Portuguesa do *DesignBuilder*. Este módulo consiste na interface gráfica presente da janela *Check* do *DesignBuilder* e no motor de cálculo que determina os resultados Portugueses.

O módulo IEE Portugal permite utilizar a caracterização do edifício, inerente à construção do modelo, e os resultados da simulação dinâmica detalhada, para calcular diversos parâmetros relevantes no âmbito do DL 79/2006, entre os quais:

- Fator de Forma e Fatores de Correção Climática de Inverno e de Verão;
- IEE limite e S ponderados (em caso de edifícios com várias tipologias);
- Indicador de Eficiência Energética IEE;
- Classe Energética;
- Consumos energéticos.

Embora este módulo IEE Portugal esteja desatualizado, uma vez que a partir de 1 de dezembro de 2013 entrou em vigor a nova legislação pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, que substituiu os Decretos-Lei n.ºs 78, 79 e 80 de 4 de abril de 2006, o programa *DesignBuilder* ainda não dispõe do módulo atualizado, pelo que os resultados relativos aos IEE dos diversos cenários baseiam-se ainda na legislação anterior.

As Tabelas 62 a 68 contêm dados que foram introduzidos em: *construction*, *openings*, *activity*, *lighting* e *hvac* do *DesignBuilder*, que serviram de base para definir o modelo para simulação dinâmica. Foi ainda considerado o tipo de edifício de saúde sem internamento e selecionado o ficheiro, com os dados climáticos para Castelo Branco com altitude 393m, gerado pela aplicação do LNEG.

**Tabela 62 - Valores do modelo em *Construction* do *DesignBuilder*.**

DESCRIÇÃO		VALOR	UNIDADE
CONSTRUÇÃO	PAREDES	NORTE	74,4 m <sup>2</sup>
		SUL	74,4 m <sup>2</sup>
		ESTE	46,5 m <sup>2</sup>
		OESTE	46,5 m <sup>2</sup>
	PAVIMENTO	ESPESSURA	0,41 m
		PAVIMENTO	360,0 m <sup>2</sup>
	COBERTURA	ESPESSURA	0,1 * m
		COBERTURA - TETO	360,0 m <sup>2</sup>
		ESPESSURA	0,1 * m

**Tabela 63 - Valores do modelo em *Openings* do *DesignBuilder*.**

DESCRIÇÃO		VALOR	UNIDADE
VÃOS	ENVIDRAÇADOS	NORTE	13,9 m <sup>2</sup>
		SUL	18,0 m <sup>2</sup>
		ESTE	8,3 m <sup>2</sup>
		OESTE	8,0 m <sup>2</sup>
	ALUMÍNIO	QUADRÍCULA	0,0
			10,0

**Tabela 64 - Valores do modelo em *Activity* do *DesignBuilder*.**

DESCRIÇÃO		VALOR	UNIDADE	
ATIVIDADE	ATIVIDADE	ESTABELECEMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO		
	OCUPAÇÃO	0,1	PESSOAS/m <sup>2</sup>	
	METABOLISMO	ACTIVIDADE	120	W/pessoa
		FACTOR	0,93	
		ROUPA DE INVERNO	1	clo
		ROUPA DE VERÃO	0,5	clo
	FÉRIAS	5	dias/ano	
	TEMPERATURA	INVERNO	18	°c temperatura de conforto no inverno
		VERÃO	25	°c temperatura de conforto no verão
	ILUMINÂNCIA	350	W	
	COMPUTADORES	LIGADOS	10	W/m <sup>2</sup>
		HORÁRIO	8H00 - 18H00	
		FRAÇÃO RADIANTE	0,2	
	EQUIPAMENTOS	LIGADOS	ESTABELECEMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO	
		HORÁRIO	EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS	
	FRAÇÃO RADIANTE	0,2		

Tabela 65 - Valores do modelo em *Lighting do DesignBuilder*.

DESCRİÇÃO		VALOR	UNIDADE
ILUMINAÇÃO	LUMINÁRIAS	ENERGIA LUMINOSA	5 W/m <sup>2</sup> 100lux
		HORÁRIO	ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS
		TIPO LUMINÁRIA	DE TETO
		FRAÇÃO RADIANTE	0,37
		FRAÇÃO VISÍVEL	0,18

Tabela 66 - Valores para ventilação mecânica do modelo em HVAC do *DesignBuilder*.

DESCRİÇÃO		VALOR	UNIDADE
AVAC	MODELO	FAN-COIL UNIT	
	VENTILAÇÃO MECÂNICA	LIGADA	
		MÉTODO DE DEFINIÇÃO DO AR EXTERIOR	5- minfresh air (max per person and per area)
		HORÁRIO	ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS
		TIPO VENTILADOR	ADMISSÃO
		AUMENTO DE PRESSÃO	150 Pa
		NÍVEL DE EFICIÊNCIA	70 %
		AR NO VENTILADOR	100 %

Tabela 67 - Valores para ventilação natural do modelo em HVAC do *DesignBuilder*.

DESCRİÇÃO		VALOR	UNIDADE
AVAC	MODELO	FAN-COIL UNIT	
	VENTILAÇÃO NATURAL	LIGADO	
		MÉTODO DE DEFINIÇÃO DO AR EXTERIOR	2- min fresh air
		HORÁRIO	ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS

Tabela 68 - Valores para aquecimento e arrefecimento do modelo em HVAC do *DesignBuilder*.

DESCRİÇÃO		VALOR	UNIDADE
AVAC CONTINUAÇÃO	AQUECIMENTO	FONTE	GÁS NATURAL
		COP	0,83
		TIPO	CONVECÇÃO
		TEMPERATURA DO AR	35 °C
		RACIO HUMIDADE VS AR	0,01 g/g
		HORÁRIO	ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS
	ARREFECIMENTO	FONTE	ENERGIA ELÉTRICA
		COP	1,67
		TIPO	CONVECÇÃO
		TEMPERATURA DO AR	12 °C
		RACIO HUMIDADE VS AR	0,008 g/g
		HORÁRIO	ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE SEM INTERNAMENTO EQUIPAMENTO - RCESE - PADRÕES DE REFERÊNCIA - VALORES NOMINAIS

Salienta-se o fato de se usar na ventilação mecânica os métodos de definição do ar novo, conforme a Figura 87, os mesmos que as recomendações da entidade responsável em Portugal pelo *DesignBuilder* a NaturalWorks através do documento de referência sobre a versão portuguesa do *DesignBuilder 2*, Setup Inicial, Guia de Utilização e Notas (NaturalWorks, 2011). Segundo a NaturalWorks, “esta opção faz com que o programa considere o valor de caudal máximo obtido pelo cálculo:  $l/(s.pessoa) \cdot \text{número de pessoas na zona}$  ou  $l/(s.m^2) \cdot \text{área da zona}$ , para cada zona, respeitando assim as directrizes da lei Portuguesa”.

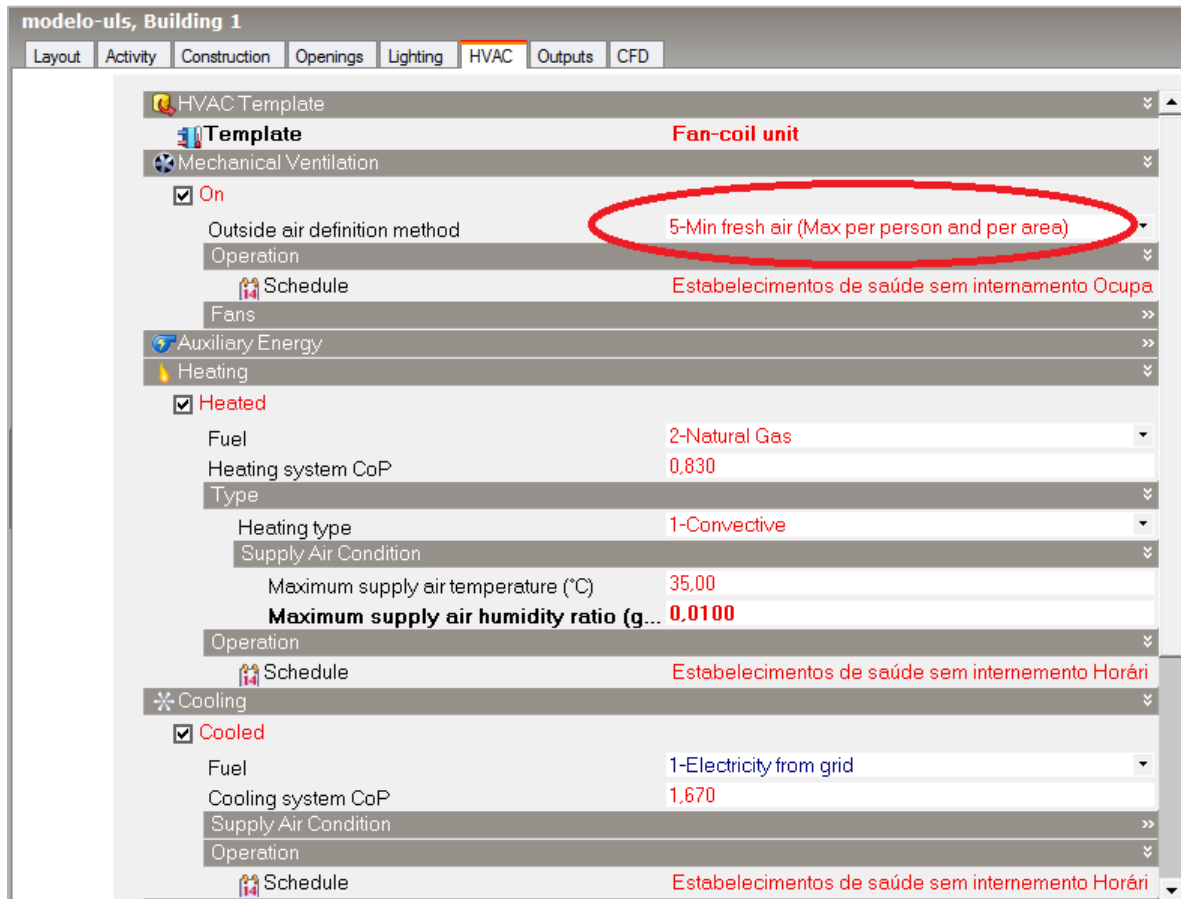


Figura 87 - Parâmetros definidos no *DesignBuilder* para AVAC na ventilação mecânica

A maioria dos restantes valores, à exceção dos coeficientes de transmissão térmica das paredes e envidraçados, foram utilizados os valores por defeito da aplicação.

O valor COP é um coeficiente de eficiência energética dos equipamentos, e um valor mais elevado representa um equipamento com melhor desempenho.

A determinação do coeficiente *COP* (Coefficient Of Performance) para uma bomba de calor é realizada de acordo com a expressão (45). No caso de uma máquina frigorífica o coeficiente de eficiência energética passa a ter a designação *EER* (Energy Efficiency Ratio), no entanto o cálculo é o mesmo que se utiliza para a determinação do *COP* (Costa, 2013).

$$COP = \frac{\text{Potência calorífica}}{\text{Potência elétrica consumida}} \quad (45)$$

Foram definidos seis cenários, todos com base no modelo definido e podem ser visualizados na Tabela 69.

**Tabela 69** - Cenários para simulações dinâmicas no *DesignBuilder*.

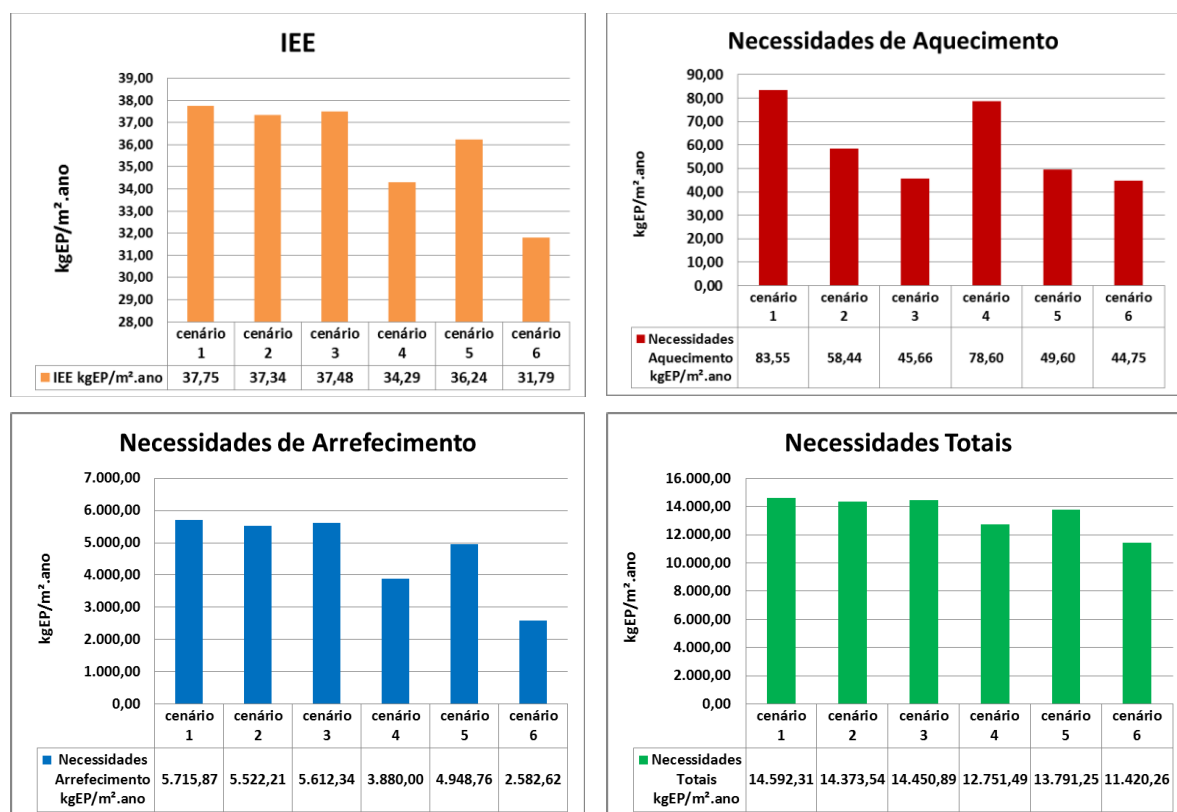
Cenário	Designação
1º Cenário	Modelo inicial (Tabela 62 a Tabela 68) com: (U paredes = 0,82W/m <sup>2</sup> .°C) (U envidraçados = 3,8W/m <sup>2</sup> .°C) (COP=0,83) (EER=1,67)
2º Cenário	Modelo inicial + paredes melhoradas (U paredes melhoradas = 0,43W/m <sup>2</sup> .°C) correspondente ao melhor U dos edifícios em estudo e menor que Ureferência do RECS de 0,6 para zona I2 e 0,70 para I1 (COP=0,83) (EER=1,67)
3º Cenário	Modelo inicial + paredes melhoradas + envidraçados melhorados (U paredes melhoradas= 0,43W/m <sup>2</sup> .°C) (Uenvidraçados melhorados= 2,3W/m <sup>2</sup> .°C) valor ITE 50 (COP=0,83) (EER=1,67)
4º Cenário	Modelo inicial + paredes melhoradas + envidraçados melhorados + lâminas nos envidraçados no exterior (U paredes melhoradas = 0,43W/m <sup>2</sup> .°C) (Uenvidraçados melhorados = 2,3W/m <sup>2</sup> .°C) Lâminas nos vãos exteriores (Louvre, 1.0m projection + 1m overhangs and sidefins) (COP=0,83) (EER=1,67)
5º Cenário	Modelo inicial + paredes melhoradas + envidraçados melhorados + estores nos envidraçados pelo exterior (U paredes melhoradas= 0,43W/m <sup>2</sup> .°C) (Uenvidraçados melhorados = 2,3W/m <sup>2</sup> .°C) Estores pelo exterior dos vãos (blinds with high relectivity slats) com controlo pelo horário 3 schedule. (COP=0,83) (EER=1,67)
6º Cenário	Modelo inicial + paredes melhoradas + envidraçados melhorados + estores nos envidraçados pelo exterior + melhores equipamentos (U paredes melhoradas = 0,43W/m <sup>2</sup> .°C) (Uenvidraçados melhorados = 2,3W/m <sup>2</sup> .°C) Estores pelo exterior dos vãos COP dos equipamentos de aquecimento = 0,92 (valor do RECS para caldeira a gás classe A) EER dos equipamentos de arrefecimento = 3,2 (valor do RECS para chiller classe A)

De acordo com os cenários definidos que correspondem às diversas simulações dinâmicas, obtiveram-se algumas variações nalguns parâmetros como os IEE, necessidades de aquecimento e arrefecimento, temperaturas radiantes e operativas, perdas e ganhos, entre outros. Os resultados gráficos podem ser observados na Figura An.I. 1 a Figura An.I. 34, do Anexo I.

A Tabela 70 e os gráficos da Figura 88 indicam as variações obtidas face ao modelo inicial para as necessidades e para os IEE.

**Tabela 70** - Variações dos IEE e necessidades dos vários cenários, comparativamente ao modelo inicial.

CENÁRIOS	IEE	Necessidades Aquecimento	Necessidades Arrefecimento	Outras Necessidades	Necessidades Totais
1 MODELO REAL VENT MECÂNICA E NATURAL AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	37,75 kgEP/m <sup>2</sup> .ano	83,55 kgEP/m <sup>2</sup> .ano	5.715,87 kgEP/m <sup>2</sup> .ano	8.792,89 kgEP/m <sup>2</sup> .ano	14.592,31 kgEP/m <sup>2</sup> .ano
2 MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS	-1,09%	-30,05%	-3,39%	0,00%	-1,50%
3 MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS	-0,72%	-45,35%	-1,81%	0,00%	-0,97%
4 MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + LÂMINAS NO EXTERIOR	-9,17%	-5,92%	-32,12%	0,00%	-12,62%
5 MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR	-4,00%	-40,63%	-13,42%	0,00%	-5,49%
6 MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR + COP 0,95 E EER 3,2	-15,79%	-46,44%	-54,82%	0,00%	-21,74%



**Figura 88** - Resultados dos IEE e das Necessidades obtidos para os diversos cenários.

A simulação do primeiro cenário resulta com dados mais desfavoráveis, pois apresenta resultados de IEE e necessidades de aquecimento e de arrefecimento maiores que todos os outros cenários.

Com a simulação do segundo cenário, em que apenas as paredes foram melhoradas em termos de coeficientes de transmissão térmica ( $U_{paredes}$  passou de  $0,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  para  $0,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ ), as necessidades para aquecimento reduziram em cerca de 30%, verificando-se uma redução de 3,4% nas necessidades de arrefecimento face ao modelo inicial.

No terceiro cenário, melhoram-se as paredes como apresentado no segundo cenário, acrescentando-se melhorias a nível dos envidraçados em termos de coeficientes de transmissão térmica ( $U_{env}$  passou de  $3,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  para  $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ ). Esta alteração originou uma redução das necessidades de aquecimento em cerca de 45% e de apenas 1,8% nas necessidades de arrefecimento face ao modelo inicial. Neste caso, a redução das necessidades de arrefecimento é menor devido ao fato dos ganhos solares serem menores.

O quarto cenário tem as mesmas melhorias apresentadas no terceiro cenário, acrescentando-se a aplicação de lâminas, pelo exterior nos vãos envidraçados, conforme a Figura 89.

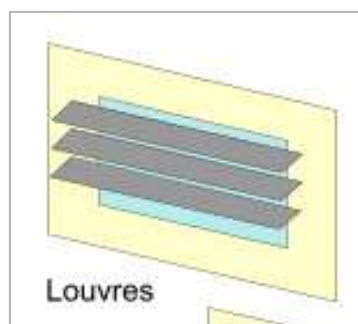


Figura 89 - Lâminas aplicadas nos vãos envidraçados no cenário 4.

O que se notou foi um acréscimo de necessidades para aquecimento e uma redução substancial das necessidades para arrefecimento face ao terceiro cenário. Isto porque as lâminas têm um fator de sombreamento muito forte, no inverno é preciso gastar mais para aquecer e no verão não é preciso gastar tanto para arrefecer. Em relação ao modelo inicial as necessidades de aquecimento e de arrefecimento foram reduzidas respetivamente em cerca de 6% e 32%.

O quinto cenário também é baseado no terceiro cenário, sendo agora implementados estores pelo exterior nos vãos envidraçados ao invés da aplicação anterior, de lâminas. Os resultados em termos de necessidades foram melhores que os do cenário anterior, sendo que as necessidades de aquecimento reduziram em cerca de 41% e, para arrefecimento em cerca de 13% face ao modelo inicial. Já no que

toca ao IEE, a redução foi menor que o do cenário anterior, apenas reduzindo-se 4% face ao modelo inicial.

O sexto cenário, é baseado no quinto com implementação de melhorias nos equipamentos através de COP e EER mais eficientes. O que se notou foi uma redução do IEE em 15,79%, numa redução de 46,44% das necessidades para aquecimento e de 54,82% nas necessidades para arrefecimento face ao modelo inicial.

Quanto mais baixo for o IEE melhor, daí se obterem necessidades de arrefecimento e aquecimento menores, com melhorias a este nível.

Como se pode observar pelos gráficos anteriores, os equipamentos têm um peso grande na redução de energias necessárias, pois verificam-se reduções maiores das necessidades quer para aquecimento quer para arrefecimento.

O programa realiza a simulação relativamente ao projeto de aquecimento para o caso mais rigoroso de inverno com base nos dados referentes ao clima introduzidos, neste caso para Castelo Branco considerando-se uma altitude 393m, dando origem a resultados referentes a temperatura e energia apresentados de forma resumida na Tabela 71. No Anexo I (Figura An.I. 1 a Figura An.I. 6), podem ser observados os gráficos de cada cenário idênticos ao da Figura 90 para o aquecimento, em que as temperaturas estão representadas por quatro cores na parte superior: temperatura do ar (azul), a radiante (vermelho), a operativa (verde) e a exterior de bolbo seco (azul-escuro).

**Tabela 71** - Resultados obtidos para o aquecimento do modelo inicial (cenário 1) e comparações em termos percentuais dos restantes cenários com o modelo inicial.

Cenários		AQUECIMENTO							
		Temperatura do Ar °C	Temperatura Radiante °C	Temperatura Operativa °C	Perda kW	Capacidade Projeto kW	Capacidade Projeto W/m <sup>2</sup>	Perdas Janelas kW	Perdas Paredes kW
1	MODELO REAL VENT MECÂNICA E NATURAL AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	18,00	13,30	16,20	10,92	13,65	41,68	-2,45	-2,61
2	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS	0,00%	12,11%	1,54%	-10,07%	-10,04%	-10,05%	6,53%	-50,19%
3	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS	0,00%	14,59%	2,59%	-17,22%	-17,29%	-17,27%	-32,65%	-45,21%
4	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + LÂMINAS NO EXTERIOR	0,00%	14,59%	2,59%	-17,22%	-17,29%	-17,27%	-32,65%	-45,21%
5	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR	0,00%	14,59%	2,59%	-17,22%	-17,29%	-17,27%	-32,65%	-45,21%
6	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR + COP 0,95 E EER 3,2	0,00%	14,59%	2,59%	-17,22%	-17,29%	-17,27%	-32,65%	-45,21%

Nos mesmos gráficos mas na parte inferior, ainda podem ser observados os consumos de energia, sendo a última barra a vermelho a soma total da energia das barras anteriores em valor absoluto, obtendo-se assim os gastos totais para

aquecimento. Através deste gráfico, é possível determinar quais as componentes do edifício que apresentam maiores perdas energéticas, por observação da barra negativa maior. Neste estudo apenas se tratam fachadas, pelo que serão tidos em conta apenas os valores relativos às paredes (walls) e envidraçados (glazing). Por observação direta para o cenário 1, as perdas pelas paredes são ligeiramente superiores aos envidraçados, as perdas pelas paredes são de 2,61kW e pelos vãos envidraçados de 2,45kW.

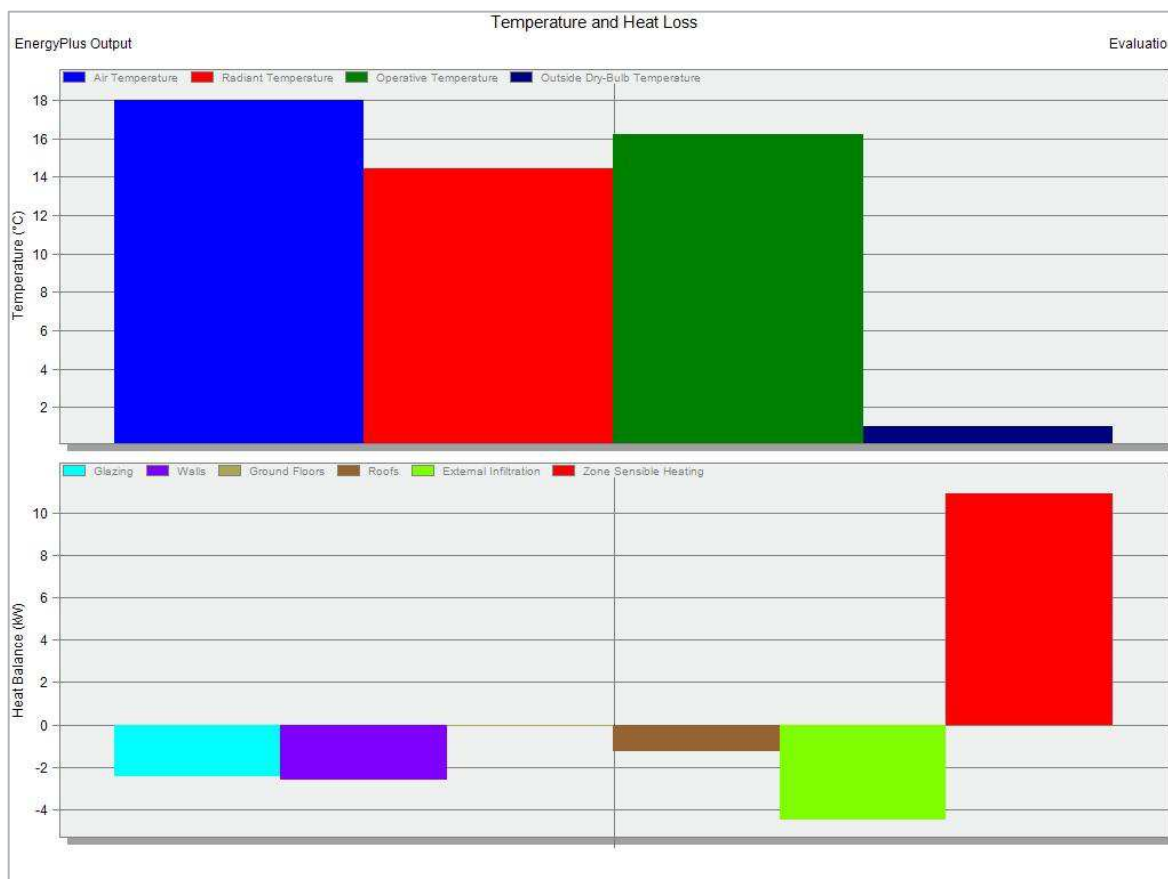


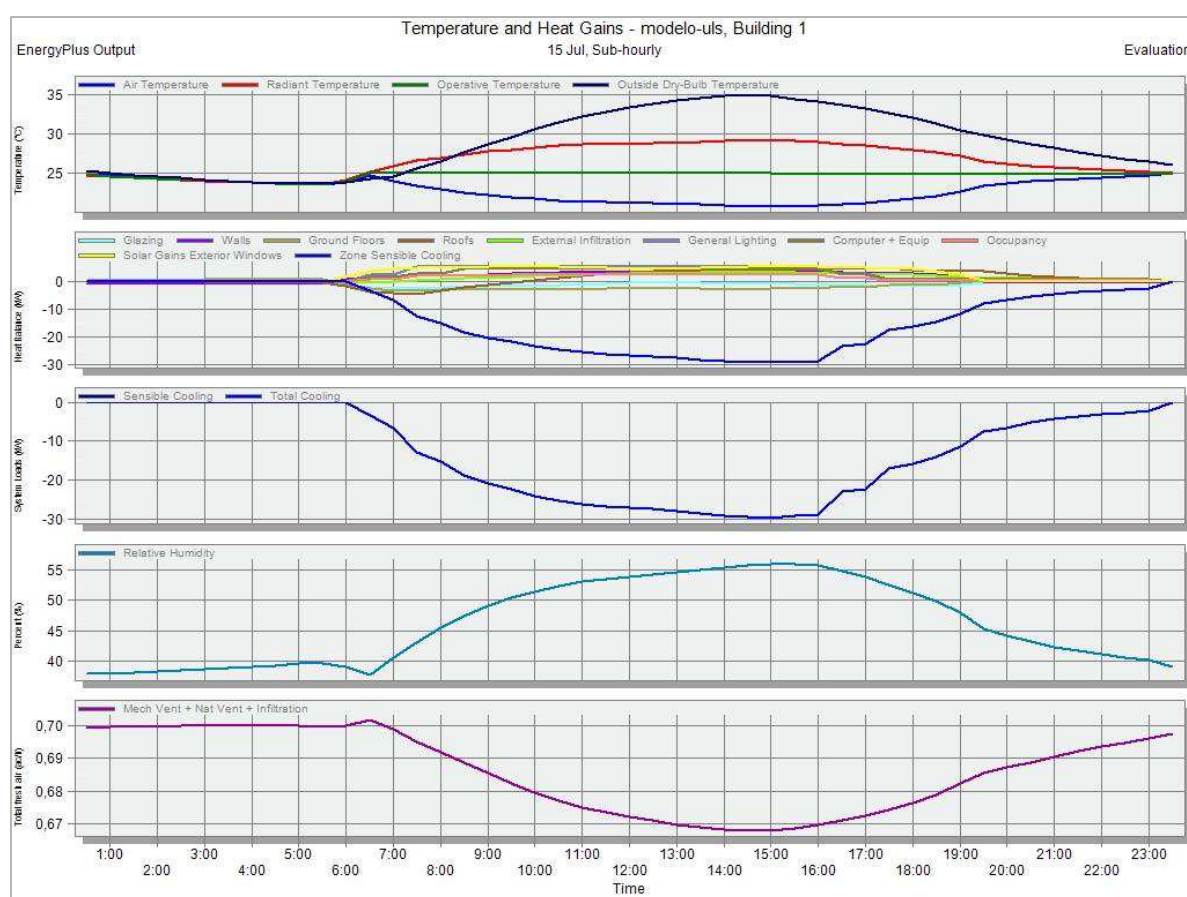
Figura 90 - Resultados do cenário 1 para aquecimento.

Os resultados obtidos para o aquecimento comparativamente com o primeiro cenário (modelo inicial) são apresentados de forma resumida na Tabela 71. As setas a verde indicam a redução, as setas a vermelho indicam o aumento dos valores face à situação inicial. O sinal de igual indica que os valores não sofreram alterações.

As temperaturas do ar são mantidas a 18°C para todos os cenários, que corresponde à temperatura interior de referência na estação de aquecimento definido pelo Despacho Extracto 15793-K, de 3 de dezembro de 2013.

As temperaturas radiantes têm um aumento em cerca 12% com aplicação de paredes melhoradas face ao primeiro cenário (modelo inicial), ou seja, com melhores coeficientes de transmissão térmica nas paredes (passando de 0,82W/m<sup>2</sup>.°C para

0,43 W/m<sup>2</sup>.°C no segundo cenário) e um aumento de 14,59% a partir do terceiro cenário inclusive, simulação em que ainda para além das paredes melhoradas, foram também melhorados os vãos envidraçados em termos de coeficientes de transmissão térmica (passando de 3,8W/m<sup>2</sup>.°C para 2,3W/m<sup>2</sup>.°C). As perdas pelas paredes diminuem a partir do segundo cenário e mantêm-se constante a partir do terceiro cenário, reduzem em cerca de 45%. Quando apenas se melhoram as paredes (segundo cenário), as perdas nos vãos envidraçados aumentam em 6,53% comparativamente com o modelo do primeiro cenário e só voltam a diminuir a partir do terceiro cenário, ou seja, quando os vãos envidraçados também são melhorados, e nestes casos há uma redução de 32,65% face ao modelo do primeiro cenário.



**Figura 91** - Resultados do cenário 1 para o arrefecimento.

A simulação de arrefecimento é realizada para o caso mais rigoroso de verão com base nos dados referentes ao clima introduzidos, neste caso para Castelo Branco considerando-se uma altitude 393m, ou seja, para o verão em que as temperaturas registadas naquela localidade foram as mais elevadas. Os gráficos resultantes de todos os cenários para o arrefecimento estão no Anexo I (Figura An.I. 7a Figura An.I. 12), sendo idênticos ao da Figura 91. Podem ser escolhidos gráficos relativos a

temperaturas, balanço de energia, cargas do sistema, humidade relativa e renovações do ar por hora.

De igual forma que os gráficos para o aquecimento, no gráfico relativo às temperaturas para o arrefecimento, as temperaturas estão representadas pelas mesmas cores, ou seja, a temperatura do ar a azul, a radiante a vermelho, a operativa a verde e a exterior de bolbo seco a azul-escuro.

No gráfico do balanço de energia, os ganhos estão divididos em ganhos através dos vãos envidraçados a azul claro, das paredes a roxo, do pavimento a castanho claro, da cobertura a castanho-escuro, da infiltração externa a verde-claro, dos ganhos solares através dos envidraçados a amarelo, do sistema de arrefecimento a azul e da ocupação a cor-de-rosa.

Os resultados obtidos para o arrefecimento comparativamente com o primeiro cenário (modelo inicial) são apresentados de forma resumida na Tabela 72, com setas a verde a indicar redução e com setas a vermelho com a indicação de aumento dos valores.

**Tabela 72** - Resultados obtidos para o arrefecimento do modelo inicial (cenário 1) e comparações em termos percentuais dos restantes cenários com o modelo inicial

ARREFECIMENTO							
Cenários	Capacidade Projeto kW	Taxa fluxo projeto m <sup>3</sup> /s	Carga Total Arrefecimento kW	Temperatura do Ar °C	Humidade %	Temperatura máxima operativa °C	
1	MODELO REAL VENT MECÂNICA E NATURAL AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	33,89	3,28	29,47	20,9	55,8	25,1
2	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS	↓ -20,36%	↓ -46,65%	↓ -20,36%	↑ 19,62%	↓ -19,71%	↑ 12,75%
3	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS	↓ -22,57%	↓ -47,32%	↓ -21,68%	↑ 19,62%	↓ -19,71%	↑ 12,35%
4	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + LÂMINAS NO EXTERIOR	↓ -31,25%	↓ -53,89%	↓ -31,25%	↑ 19,62%	↓ -19,53%	↑ 9,96%
5	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR	↓ -28,21%	↓ -51,80%	↓ -28,20%	↑ 19,62%	↓ -19,53%	↑ 10,76%
6	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR + COP 0,95 E EER 3,2	↓ -28,21%	↓ -51,80%	↓ -28,20%	↑ 19,62%	↓ -19,53%	↑ 10,76%

De cenário para cenário, as melhorias vão sendo acumuladas e os resultados no arrefecimento tiveram reduções, embora os dois últimos tenham valores iguais, uma vez que no último cenário apenas foram introduzidos equipamentos mais eficientes.

As simulações anuais, como demonstra a Figura 92, são efetuadas para um ano completo, e os cálculos são realizados à hora. Os gráficos podem ser consultados no Anexo I para todos os cenários (Figura An.I. 13 a Figura An.I. 18).

Estas simulações fornecem valores de consumo de combustíveis anualmente, dependendo do tipo de equipamentos instalados, assim como variações de temperatura, cargas do sistema e renovações do ar por hora.

As temperaturas variam ao longo do dia, de hora para hora e ao longo do ano.

Interessa comparar e analisar os consumos de energia entre os diversos cenários assim como analisar o conforto nos períodos das semanas típicas de inverno e de verão. As figuras relativas aos consumos, temperaturas e conforto nos períodos típicos de inverno e verão, para todos os cenários, encontram-se no Anexo I (Figura An.I. 19 a Figura An.I. 24). Também é possível extrair outros gráficos, de acordo com a opção de seleção em *data*. Os outros gráficos que foram extraídos são os constantes no Anexo I (Figura An.I. 25 a Figura An.I. 34).

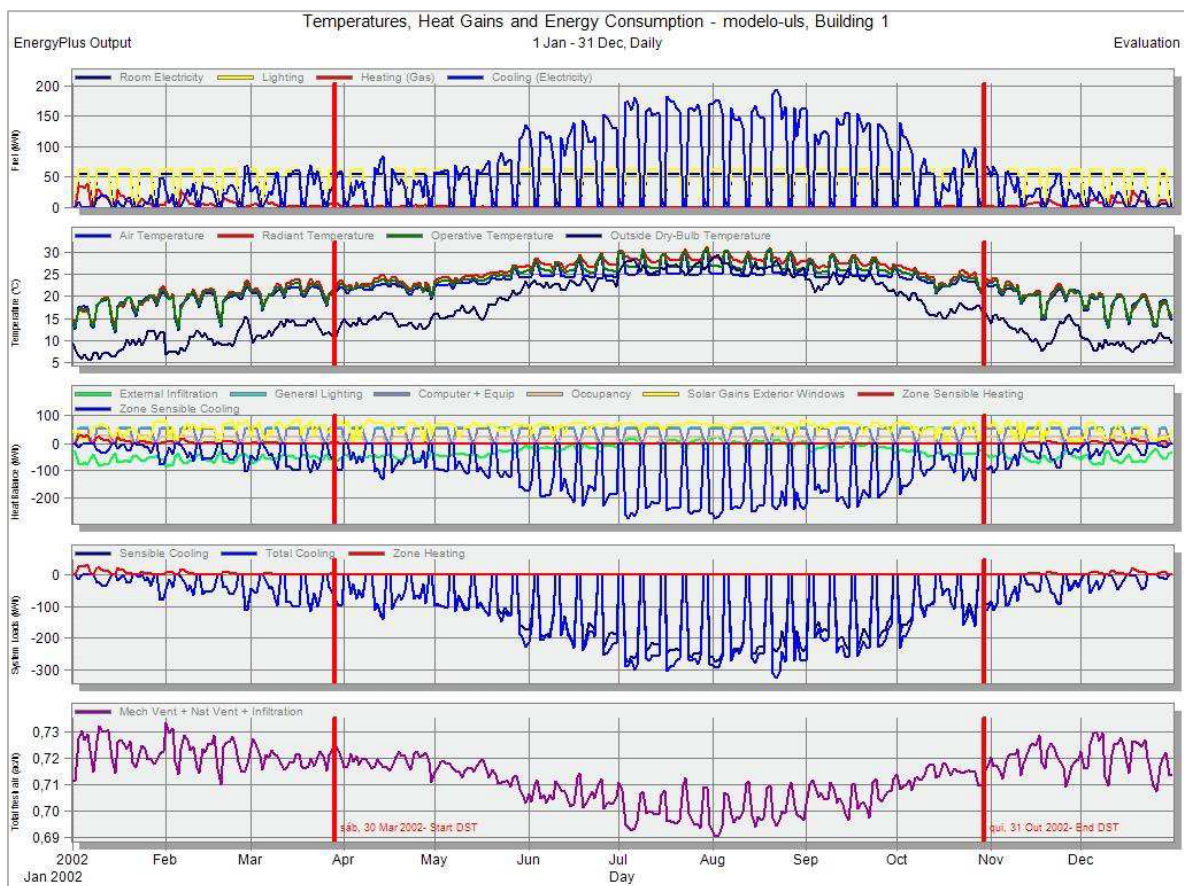


Figura 92 - Gráficos do cenário 1 com resultados das simulações anuais.

Pela análise dos consumos, salienta-se o facto de se registar uma discrepância entre o consumo anual de gás e o consumo anual de eletricidade. O modelo reflete um edifício de saúde sem internamento com necessidade de ter equipamentos elétricos quase sempre ligados. A Tabela 73 demonstra a comparação dos consumos de energia com o primeiro cenário (modelo inicial), as setas a verde para baixo indicam que os valores de consumo de eletricidade ou gás, reduziram face ao primeiro cenário.

Tabela 73 - Comparação dos consumos de energia com o primeiro cenário.

CENÁRIO		Eletricidade kWh	Gás kWh
1	MODELO REAL VENT MECÂNICA E NATURAL AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	50.030,14	971,52
2	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS	↓ -1,33%	↓ -30,06%
3	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS	↓ -0,71%	↓ -45,35%
4	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + LÂMINAS NO EXTERIOR	↓ -12,65%	↓ -5,93%
5	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR	↓ -5,29%	↓ -40,64%
6	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR + COP 0,95 E EER 3,2	↓ -21,60%	↓ -46,45%

As maiores reduções verificam-se no consumo de gás, embora na eletricidade também se verifiquem. No último cenário, como os equipamentos são mais eficientes, a redução dos consumos de energia são maiores.

É de se salientar uma particularidade na solução em que os vãos envidraçados e as paredes são melhoradas, neste caso o consumo de gás reduziu de forma semelhante ao do último cenário, que tem todas as melhorias, no entanto em relação ao consumo de eletricidade, a redução de energia foi pouco significativa.

Outra particularidade, quando são introduzidas lâminas nos vãos envidraçados pelo exterior, a luminosidade diminui consideravelmente, conforme se pode concluir através dos gráficos da Figura 93.

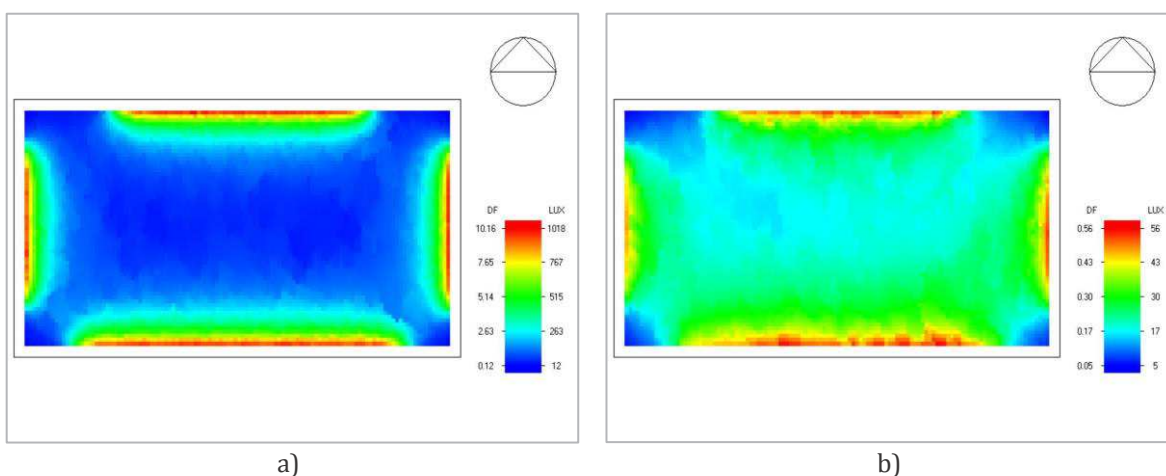


Figura 93 - a) Luminosidade do cenário 1 e b) Luminosidade do cenário 4.

Através da análise da figura anterior é possível verificar a luminosidade no modelo inicial e no modelo considerando-se o cenário 4, com uma variação, de 1018LUX para 56LUX nas zonas a vermelho, ou seja, nas zonas com maior intensidade.

#### 8.4. Comparação do modelo com os edifícios em estudo

Os valores obtidos no ponto 8.3 podem ser comparados com os valores obtidos da Tabela 54 e da Tabela 55 do capítulo 7.4.

De uma outra forma, estas tabelas podem ser apresentadas com as unidades em  $\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ , conforme a Tabela 74.

De acordo com os valores IEE da legislação anterior (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril), para estabelecimentos de saúde com ou sem internamento, estes não podem ser superiores a  $40\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ . O que não se verificou para edifícios do Hospital Amato Lusitano e Centros de Saúde de Idanha-a-Nova, Vila Velha de Ródão, Oleiros e Proença-a-Nova. Note-se que estes edifícios são os que têm aquecimento com caldeiras a gás. Com isto, torna-se necessário implementar medidas que poderão passar por melhorias a nível das fachadas e dos equipamentos, bem como a mudança de mentalidades dos profissionais e utentes dos serviços da ULS. Para isto, salienta-se que é preciso realizar alguns investimentos.

Tabela 74 - Indicadores de Eficiência Energética Efetivos  $\text{IEE}_{\text{EF}}$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ÁREA ÚTIL $A_p$ $\text{m}^2$	ELETRICIDADE MÉDIA ANUAL (2011-2013) kWh	GÁS MÉDIO ANUAL (2011-2013) kWh	$\text{IEE}_{\text{EF}}$ kWh / $\text{m}^2\cdot\text{ano}$	$\text{IEE}_{\text{EF}}$ kgep / $\text{m}^2\cdot\text{ano}$
BIS	HOSPITAL AMATO LUSITANO	17447,58	3.706.660,7	3.328.376,67	403,21	116,93
	CS S. MIGUEL	2075,95	179.375,5	na	86,41	25,06
	CS S TIAGO	1432,89	152.908,3	na	106,71	30,95
	CS IDANHA	1515,86	124.647,7	191.741,87	208,72	60,53
	CS PENAMACOR	903,53	90.473,7	na	100,13	29,04
	CS VVRODAO	905,19	56.813,7	79.519,20	150,61	43,68
PIS	CS OLEIROS	1411,27	136.678,3	200.831,20	239,15	69,35
	CS PROENÇA-A-NOVA	1208,17	71.611,7	147.691,47	181,52	52,64
	CS SERTA	1468,42	191.440,3	na	130,37	37,81
	CS VILA DE REI	1392,97	152.874,7	2.393,60	111,47	32,33

Mesmo com as melhorias adotadas nos diversos cenários (melhorias em paredes, envidraçados e equipamentos), definidos no atual capítulo, os IEE obtidos estão acima dos de referência, conforme a Tabela 75, note-se que o modelo tem por defeito valores do *DesignBuilder* para o pavimento e para a cobertura. É importante em trabalhos futuros tratar estes componentes do modelo com algum rigor, pois as perdas pela cobertura podem influenciar os resultados aqui obtidos.

A Tabela 75 representa os IEE e  $\text{IEE}_{\text{REF}}$  que foram obtidos, para os diversos cenários com base no modelo, através do *DesignBuilder* com o módulo IEE Portugal.

**Tabela 75** - Valores IEE e IEE<sub>REF</sub> obtidos para os diversos cenários, com base no modelo, através do *DesignBuilder*.

Cenário		IEE kgEP/m <sup>2</sup> .ano	IEE <sub>REF</sub> kgEP/m <sup>2</sup> .ano
1	MODELO REAL VENT MECÂNICA E NATURAL AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO	37,75	30,00
2	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS	37,34	30,00
3	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS	37,48	30,00
4	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + LÂMINAS NO EXTERIOR	34,29	30,00
5	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR	36,24	30,00
6	MODELO REAL + PAREDES MELHORADAS + VIDROS MELHORADOS + ESTORES NO EXTERIOR + COP 0,95 E EER 3,2	31,79	30,00

O modelo tem valores IEE abaixo dos 40kgEP/m<sup>2</sup>.ano da antiga legislação, no entanto estão acima dos de referência.

Através dos diversos cenários simulados pôde-se concluir que os equipamentos tiveram um peso considerável nas reduções de necessidades de arrefecimento e aquecimento, o que permite deduzir que melhorar apenas as fachadas e os vãos envidraçados não é suficiente.

## 9. Conclusões e trabalhos futuros

### 9.1. Trabalho Realizado

Este trabalho ajudou a aprofundar temas como a sustentabilidade, o ambiente e energia. Permitiu conhecer melhor todos os edifícios em estudo através de uma análise de pormenor. Foi desenvolvido ao longo de um período em que ocorreu a transição da legislação portuguesa, pois neste período, o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, foram alterados e revogados por um único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

O levantamento dimensional de todos os edifícios foi moroso, sendo que alguns edifícios foram alvo de modelação através de ferramentas de desenho assistido por computador, seja em duas como em três dimensões.

Em simultâneo, a recolha da informação, através das faturas, relativa aos consumos energéticos dos edifícios em estudo, levou a que fosse necessário apresentar mapas de consumos anuais e mapas de consumos médios anuais. Por iniciativa, também foi desenvolvida em paralelo uma aplicação, que funciona desde então, para controlo de consumos e faturas da água, da eletricidade e do gás, dos contratos entre a ULS e os fornecedores de energias.

A faturação recolhida englobou os anos completos de 2011 a 2013, sendo que todas as faturas da eletricidade e do gás tiveram de ser compiladas para a obtenção de consumos energéticos.

Neste trabalho também foram aplicadas metodologias de cálculo de acordo com o novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 118, de 20 de agosto) e que foram demonstradas ao longo do trabalho, com a apresentação de resultados.

Recorreu-se a diversas obras bibliográficas através da pesquisa em diversos repositórios de informação de Universidades e Escolas Superiores, bem como bibliografia internacional.

No desenrolar do trabalho, ainda foi realizado um inquérito aos profissionais de saúde da ULS, com o intuito de recolher a informação relativa ao conforto térmico, acústico e visual, nos seus postos de trabalho e que serviu para caracterizar as condições interiores dos edifícios de saúde em estudo. Para realizar o inquérito foi necessária autorização superior e posteriormente foi necessário proceder à sua

divulgação. Foi utilizada a plataforma da rede interna para recolha dos dados do inquérito com recurso ao *Limesurvey*.

No decorrer do trabalho, também foram realizadas diversas visitas aos locais, sendo que foram efetuados alguns levantamentos nos diversos locais, como algumas medições e registos fotográficos da envolvente exterior.

Através da pesquisa, foram testadas algumas ferramentas informáticas, como o ficheiro do LNEG que gere os dados climáticos dos concelhos de Portugal, o *Climate Consultant* para visualizar os dados climáticos, o *DesignBuilder* para a realização de simulação dinâmica. Foram encontrados outros programas para a simulação dinâmica, mas optou-se neste trabalho apenas por utilizar o *DesignBuilder*.

## 9.2. Conclusões Gerais

Para cumprir a legislação em vigor, pelo Despacho n.º 4860/2013, de 9 de abril, os consumos de eletricidade e gás deveriam ter uma redução de 10% comparando-se o ano de 2013 face ao ano de 2011. Conforme o capítulo 7, é possível observar através dos diagramas radiais que os consumos de energia elétrica do ano de 2013 deveriam ter uma linha interior à de 2011, assim como nos gráficos de barras do consumos de gás, as barras do ano de 2013 deveriam ser menores que as do anos de 2011, o que não se verifica nalguns casos. Os consumos energéticos são na maioria superiores, visto que as necessidades parciais obtidas são menores.

O inquérito realizado em paralelo com este trabalho, permitiu conhecer melhor o ponto da situação dos postos de trabalhos dos profissionais de saúde da ULS, em termos de conforto térmico, acústico e de iluminação, sendo que num modo geral, em termos térmicos os profissionais estão satisfeitos, a iluminação é boa e em termos acústicos, as paredes exteriores têm um bom desempenho.

Salienta-se que o desempenho das soluções construtivas, para elementos da envolvente exterior como as paredes exteriores, deveria ter maior importância no cumprimento dos requisitos da eficiência energética e sustentabilidade, sendo que o desempenho das mesmas, afeta, em grande parte, os consumos de energia. A legislação anterior dava relevo à colocação de equipamentos para melhorar a classe energética dos edifícios e a nova legislação continua com ênfase nos equipamentos para a determinação da classe energética. Em relação ao desempenho das soluções construtivas, tanto a legislação anterior, como a atual, são muito vagas e desatualizadas, apresentando somente linhas genéricas, uma vez que o conjunto de soluções construtivas que são possíveis é elevado, como por exemplo: através do aumento da espessura de isolamento térmico, garantindo-se a sua continuidade; ou através do aumento de espessura das paredes; ou ainda pela aplicação crescente de isolamento térmico pelo exterior, entre outras. Dando-se ênfase à importância de apenas se construir com um coeficiente de transmissão térmica (U) cada vez menor.

### 9.3. Conclusões Específicas

O hospital é de facto o edifício com maior consumo de energia, pois face aos centros de saúde, a sua área útil é bastante maior, também possui equipamentos mais pesados em termos de consumo energético e o horário de funcionamento é muito mais alargado, o HAL está ativo vinte e quatro sobre vinte e quatro horas.

Através das simulações dinâmicas dos seis cenários, conclui-se que se forem apenas consideradas melhorias a nível das paredes e dos vãos envidraçados, conseguem-se reduções na ordem dos 45% para as necessidades de aquecimento, e 1,8% para as necessidades de arrefecimento, comparativamente com o primeiro cenário. O que permite deduzir que para reduzir os consumos de energia na estação do inverno, é preciso investir em soluções que melhorem as características das paredes e dos vãos envidraçados, onde deverá existir uma maior resistência em deixar sair o calor do interior para o exterior, ou seja, será necessário aplicar soluções que permitam obter coeficientes de transmissão térmica mais baixos dos que já existem.

De acordo com o levantamento dimensional e os resultados obtidos das necessidades parciais, existe uma necessidade maior de arrefecer do que aquecer os edifícios da ULS, à exceção dos Centros de Saúde de Penamacor e de Vila de Rei que têm necessidades parciais maiores de aquecimento, talvez isto comprove que exista a preocupação com a estação de aquecimento e algum desleixo sobre a estação de arrefecimento, já que as versões anteriores do RCCTE eram muito desequilibradas ao nível das exigências numa e noutra estação.

Para se obter reduções maiores das necessidades de arrefecimento, é preciso cumulativamente investir nas melhorias da envolvente exterior e em equipamentos mais eficientes. A proteção solar automática dos vãos envidraçados, poderia trazer benefícios, se considerarmos uma boa gestão da abertura e fecho das soluções protetoras dos vãos, ao longo do dia e durante todo o ano, garantir-se-á um melhor aproveitamento dos ganhos solares, quer na estação de aquecimento, quer na estação de arrefecimento. Salienta-se que as necessidades de arrefecimento reduzem em cerca de 13% com a utilização em simultâneo de soluções que melhoram as paredes exteriores e com a aplicação de estores pelo exterior dos vãos envidraçados. A redução das necessidades de arrefecimento ainda pode ser maior se forem utilizadas soluções que englobam melhorias a nível da envolvente exterior cumulativamente com equipamentos mais eficientes, no caso em estudo, as necessidades de arrefecimento reduziram cerca de 55% comparativamente com as condições iniciais.

Para implementar estas melhorias é necessário investir, pelo que deveriam existir programas de financiamento para melhorar as soluções construtivas, ou financiamento, com possibilidade de retoma, para substituir os equipamentos. Através deste trabalho é demonstrado que é possível reduzir os consumos e, por

consequência, ter um menor impacto ambiental, com a redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE), protegendo as gerações futuras.

Embora tudo isto envolva custos elevados, não se pode ter em conta apenas a questão económica, pois será investimento com retorno a longo prazo: melhoram-se as condições interiores, melhora-se o conforto térmico, prolonga-se a vida útil dos edifícios e melhora-se o ambiente para a nossa geração e as futuras.

## 9.4. Trabalhos Futuros

Salienta-se para o facto de existirem algumas limitações neste trabalho, uma vez que se tratou apenas as fachadas, pois existem componentes tais como as coberturas, as pontes térmicas e o sombreamento dos vãos envidraçados que poderão ser objeto de estudos futuro, uma vez que nos cálculos das necessidades de aquecimento e de arrefecimento pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, não foram tidos em consideração. Já nas simulações dinâmicas, alguns parâmetros utilizados referentes a estes elementos foram gerados pela aplicação, por defeito.

A ventilação mecânica também poderá ser tratada no futuro, já que alguns gabinetes dispõem na realidade de ventilação mecânica.

A modelação e simulações dinâmicas dos cenários foram realizados através do programa informático *DesignBuilder*, e como trabalho futuro, também poderão ser utilizadas outras ferramentas informáticas, como por exemplo o *Simergy*, o *N++*, ou o *AECOSim Building Designer*, que permitam realizar comparações de resultados entre programas.

Poderão ser realizadas simulações de outros cenários possíveis, como por exemplo, com inclusão de energias renováveis, ou com inclusão de outras soluções construtivas de paredes com isolamento térmico pelo exterior, envidraçados, pavimentos e coberturas melhorados, entre outras, tendo em conta a sustentabilidade, o fator económico face à conjuntura atual e à Diretiva Europeia 2010/31/EU.

## 10. Referências Bibliográficas

- (Abrantes, 2012) ABRANTES, João Bartolomeu Catarino - **Implicações do Conforto Térmico no Consumo Energético – Uma Hipótese de Modelo Adaptativo Aplicada ao Verão**. [S.l.] : Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 2012
- (Águas, 2000) ÁGUAS, Miguel P. N. - **Conforto Térmico - Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente**. [S.l.] : Instituto Superior Técnico, 2000
- (ANSI 55, 2004) ANSI\_55 - **ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. [S.l.] : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329 [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org), 2004
- (ANSI 7730, 2005) ANSI\_7730 - **ISO 7730:2005, 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/TC 159/SC, 2005**
- (Costa, 2013) COSTA, Manuel Francisco Cardoso Coelho - **Aplicação do DesignBuilder à Avaliação de Soluções de Aquecimento e Arrefecimento de Edifícios para Diferentes Zonas Climáticas Portuguesas**. [S.l.] : FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013
- (DespExt 15793F, 2013) Despacho Extracto 15793-F/2013 de 3 de dezembro - **Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados**, 2013
- (DespExt 15793I, 2013) Despacho Extracto 15793-I/2013 de 3 de dezembro - **procede à publicação das metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária**, 2013
- (DespExt 15793K, 2013) Despacho Extracto 15793-K/2013 de 3 de dezembro - **Procede à publicação dos parâmetros térmicos**, 2013
- (DL 118, 2013) Decreto-Lei n.º 118/2013 - **Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos**

Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), 2013

(DL 318, 2009) Decreto-Lei n.º 318/2009, de 2 de Novembro - cria a ULS Castelo Branco, 2009

(Doran e Kosmina, 1997) DORAN, S. M.; KOSMINA, L. - **Examples of U-value calculations using BS EN ISO 6946:1997**

(ECO.AP, sd) ECO.AP - **Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP)** [Em linha] Disponível em WWW: <URL: <http://ecoap.adene.pt/>>.

(Frota, 2001) FROTA, Amnésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos - **Manual de Conforto Térmico** 5ª edição. . [S.l.] : Studio Nobel, 2001

(IPQ e CS04, 2012) IPQ; CS04, Comissão Setorial Para Água (CS/04) - **Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de Água**. Instituto Português da Qualidade em parceria com a EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A | 2012 ed.

(Knaack et al., 2007) KNAACK, Ulrich *et al.* - **Façades Principles of Construction**, ISBN 978-3-7643-7961-2, 2007

(Lamberts et al., 2005) LAMBERTS, Roberto - **Desempenho Térmico de Edificações**. [S.l.] : Florianópolis, 2005

(Lamberts, 2011) LAMBERTS, Roberto - **CONFORTO E STRESS TÉRMICO**. [S.l.] : LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2011

(Lamberts, 1997) LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. - **Eficiência Energética na Arquitetura**. [S.l.] : PW Editores, 1997

(Naturalworks, 2011) NATURALWORKS - **Documento de referência sobre a versão portuguesa do Designbuilder 2, Setup Inicial, Guia de Utilização e Notas, 2011**

(Pinto, 2011) PINTO, André Manuel de Jesus - **Reabilitação Térmica de Fachadas Estudo de caso através de simulação numérica**. [S.l.] : FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2011

(Port 349D, 2013) Portaria n.º 349-D/2013 D.R. n.º 233, Serie I de 2013-12-02, 2013

(RCM 20/2013, 2013) Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril, 2013

(REGEU, 1951) Decreto-Lei 38382 de 7 de Agosto de 1951 – Regulamento Geral das Edificações Urbanas - REGEU, 1951

(RRAE, 2008) Decreto-Lei n.º 96/2008 -Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, 2008

(Silva, sd) SILVA, Manuel Carlos Gameiro - SPREADSHEETS FOR THE CALCULATION OF THERMAL COMFORT INDICES PMV AND PPD, [s.d.]

(Silva, 2006) SILVA, Pedro Correia Pereira - **Análise do Comportamento Térmico de Construções não Convencionais através de Simulação em VisualDOE**. [S.l.] : Universidade do Minho – Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Civil, 2006

(Simões, sd) SIMÕES, Fausto - Revestimentos de paredes e isolamento térmico isolamento e inércia. **arquitectologia.org**. [s.d.]

(UONIE/ACSS, 2011) UONIE/ACSS - **UONIE/ACSS - Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar V.2011**, UONIE/ACSS, Lisboa, 2011

## Apêndices

### Apêndice I - Determinação de variáveis para os ganhos

Tabela Ap.I. 1 - Fatores solares FS de inverno dos vãos envidraçados

Tipo de vidro	EDIFÍCIO	ORIENT.	Fator Solar do vidro $g_{vi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\tau}$	FS Global Prot. Perm. $g_{\tau p}$	Fator sel. Angular inverno $F_{w,i}$	Fs inverno
VIDRO SIMPLES	HAL CS PENAMACOR CS SERTÃ	N	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		NE	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		E	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		SE	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		S	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		SW	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
		W	0,87	0,87	0,87	0,90	0,78
VIDRO DUPLO	CS S. MIGUEL CS S. TIAGO CS IDANHA-A-NOVA CS V.V. RÓDÃO CS PROENÇA-A-NOVA CS VILA DE REI CS OLEIROS	N	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		NE	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		E	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		SE	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		S	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		SW	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		W	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70
		NW	0,78	0,78	0,78	0,90	0,70

Tabela Ap.I. 2 - Área efetiva coletora a sul dos edifícios da zona BIS da NUTSIII.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área m <sup>2</sup>	Fs.Fg * método simplificado	Fator Solar inverno	Área efectiva colectora As m <sup>2</sup>	Factor de Orientação	Área Efectiva colectora a Sul m <sup>2</sup>	Parcial
BIS	HAL	N	541,74	0,63	0,78	267,23	0,27	72,15	
		NE	60,84	0,63	0,78	30,01	0,33	9,90	
		E	101,57	0,63	0,78	50,10	0,56	28,06	
		SE	31,32	0,63	0,78	15,45	0,84	12,98	
		S	836,92	0,63	0,78	412,84	1,00	412,84	
		SW	70,52	0,63	0,78	34,79	0,84	29,22	
		W	123,04	0,63	0,78	60,70	0,56	33,99	
		NW	0,00	0,63	0,78	0,00	0,33	0,00	599,15
	CS S. MIGUEL	N	0,00	0,63	0,70	0,00	0,27	0,00	
		NE	88,17	0,63	0,70	38,99	0,33	12,87	
		E	0,00	0,63	0,70	0,00	0,56	0,00	
		SE	61,54	0,63	0,70	27,22	0,84	22,86	
		S	0,00	0,63	0,70	0,00	1,00	0,00	
		SW	77,25	0,63	0,70	34,16	0,84	28,70	
		W	0,00	0,63	0,70	0,00	0,56	0,00	
		NW	55,12	0,63	0,70	24,38	0,33	8,04	72,47
	CS S. TIAGO	N	31,08	0,63	0,70	13,75	0,27	3,71	
		NE	29,00	0,63	0,70	12,83	0,33	4,23	
		E	26,58	0,63	0,70	11,76	0,56	6,58	
		SE	20,72	0,63	0,70	9,16	0,84	7,70	
		S	16,02	0,63	0,70	7,09	1,00	7,09	
		SW	7,23	0,63	0,70	3,20	0,84	2,68	
		W	56,52	0,63	0,70	25,00	0,56	14,00	
		NW	31,93	0,63	0,70	14,12	0,33	4,66	50,65
	CS IDANHA-A-NOVA	N	62,17	0,63	0,70	27,49	0,27	7,42	
		NE	0,00	0,63	0,70	0,00	0,33	0,00	
		E	55,96	0,63	0,70	24,75	0,56	13,86	
		SE	0,00	0,63	0,70	0,00	0,84	0,00	
		S	91,38	0,63	0,70	40,41	1,00	40,41	
		SW	0,00	0,63	0,70	0,00	0,84	0,00	
		W	41,63	0,63	0,70	18,41	0,56	10,31	
		NW	0,00	0,63	0,70	0,00	0,33	0,00	72,01
	CS PENAMACOR	N	47,40	0,63	0,78	23,38	0,27	6,31	
		NE	0,00	0,63	0,78	0,00	0,33	0,00	
		E	26,40	0,63	0,78	13,02	0,56	7,29	
		SE	0,00	0,63	0,78	0,00	0,84	0,00	
		S	85,04	0,63	0,78	41,95	1,00	41,95	
		SW	0,00	0,63	0,78	0,00	0,84	0,00	
		W	36,00	0,63	0,78	17,76	0,56	9,94	
		NW	0,00	0,63	0,78	0,00	0,33	0,00	65,50
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	N	2,80	0,63	0,70	1,24	0,27	0,33	
		NE	57,79	0,63	0,70	25,56	0,33	8,43	
E		6,72	0,63	0,70	2,97	0,56	1,66		
SE		27,27	0,63	0,70	12,06	0,84	10,13		
S		0,00	0,63	0,70	0,00	1,00	0,00		
SW		0,00	0,63	0,70	0,00	0,84	0,00		
W		2,68	0,63	0,70	1,19	0,56	0,66		
NW		11,67	0,63	0,70	5,16	0,33	1,70	22,93	

Tabela Ap.I. 3 - Área efetiva coletora a sul dos edifícios da zona PIS da NUTSIII.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área m <sup>2</sup>	Fs.Fg * método simplificado	Fator Solar inverno	Área efectiva colectora As m <sup>2</sup>	Factor de Orientação	Área Efectiva colectora a Sul m <sup>2</sup>	Parcial
PIS	CS OLEIROS	N	3,25	0,63	0,70	1,44	0,27	0,39	38,95
		NE	8,25	0,63	0,70	3,65	0,33	1,20	
		E	10,63	0,63	0,70	4,70	0,56	2,63	
		SE	64,37	0,63	0,70	28,47	0,84	23,91	
		S	3,25	0,63	0,70	1,44	1,00	1,44	
		SW	3,25	0,63	0,70	1,44	0,84	1,21	
		W	15,75	0,63	0,70	6,97	0,56	3,90	
PIS	CS PROENÇA-A-NOVA	NW	29,25	0,63	0,70	12,94	0,33	4,27	25,77
		N	37,40	0,63	0,70	16,54	0,27	4,47	
		NE	0,00	0,63	0,70	0,00	0,33	0,00	
		E	12,18	0,63	0,70	5,38	0,56	3,02	
		SE	0,00	0,63	0,70	0,00	0,84	0,00	
		S	33,30	0,63	0,70	14,73	1,00	14,73	
		SW	0,00	0,63	0,70	0,00	0,84	0,00	
PIS	CS SERTÃ	W	14,40	0,63	0,70	6,37	0,56	3,57	47,13
		NW	0,00	0,63	0,70	0,00	0,33	0,00	
		N	15,62	0,63	0,78	7,71	0,27	2,08	
		NE	40,60	0,63	0,78	20,03	0,33	6,61	
		E	11,58	0,63	0,78	5,71	0,56	3,20	
		SE	28,25	0,63	0,78	13,94	0,84	11,71	
		S	3,28	0,63	0,78	1,62	1,00	1,62	
PIS	CS VILA DE REI	SW	25,88	0,63	0,78	12,76	0,84	10,72	47,18
		W	11,58	0,63	0,78	5,71	0,56	3,20	
		NW	49,15	0,63	0,78	24,25	0,33	8,00	
		N	0,00	0,63	0,70	0,00	0,27	0,00	
		NE	51,14	0,63	0,70	22,62	0,33	7,46	
		E	0,00	0,63	0,70	0,00	0,56	0,00	
		SE	41,03	0,63	0,70	18,15	0,84	15,24	
PIS	CS VILA DE REI	S	0,00	0,63	0,70	0,00	1,00	0,00	47,18
		SW	45,43	0,63	0,70	20,09	0,84	16,88	
		W	0,00	0,63	0,70	0,00	0,56	0,00	
		NW	52,03	0,63	0,70	23,01	0,33	7,59	

Tabela Ap.I. 4 - Ganhos solares brutos de inverno Qsol

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	GSul kWh/m <sup>2</sup> por mês	Área Efectiva colectora a Sul m <sup>2</sup>	M meses	Ganhos solares brutos Qsol kWh/ano
BIS	HAL	140	599,15	5,5	461.342,39
	CS S. MIGUEL	140	72,47	5,5	55.804,08
	CS S. TIAGO	140	56,49	5,4	42.710,11
	CS IDANHA-A-NOVA	140	80,31	5,6	62.965,87
	CS PENAMACOR	140	65,50	5,6	51.352,03
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	140	22,93	5,2	16.692,10
PIS	CS OLEIROS	145	38,95	6,9	38.970,03
	CS PROENÇA-A-NOVA	145	25,77	6,8	25.414,06
	CS SERTÃ	145	47,13	6,6	45.106,87
	CS VILA DE REI	145	47,18	6,8	46.515,82

Tabela Ap.I. 5 - Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$ .

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	$Q_{g,i}$ Ganhos térmicos brutos kWh/ano
BIS	HAL	737.712,06
	CS S. MIGUEL	88.687,13
	CS S. TIAGO	60.576,13
	CS IDANHA-A-NOVA	80.899,95
	CS PENAMACOR	65.924,16
	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	30.248,22
PIS	CS OLEIROS	67.014,79
	CS PROENÇA-A-NOVA	49.074,87
	CS SERTÃ	73.018,59
	CS VILA DE REI	73.795,75

Tabela Ap.I. 6 - Fatores solares FS de verão dos vãos envidraçados.

Tipo de vidro	EDIFÍCIO	ORIENT.	Fator Solar do vidro $g_{\text{vi}}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\text{VT}}$	FS Global Prot. Perm. $g_{\text{TP}}$	Fator sel. Angular verão $F_{w,v}$	Fs verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{TP}$
VIDRO SIMPLES	HAL CS PENAMACOR CS SERTÃ	N	0,87	0,87	0,87	0,85	0,87
		NE	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
		E	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
		SE	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
		S	0,87	0,87	0,87	0,80	0,87
		SW	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
		W	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
		NW	0,87	0,87	0,87	0,90	0,87
VIDRO DUPLO	CS S. MIGUEL CS S. TIAGO CS IDANHA-A-NOVA CS VILA VELHA DE RÓDÃO CS PROENÇA-A-NOVA CS VILA DE REI CS OLEIROS	N	0,78	0,78	0,78	0,80	0,78
		NE	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78
		E	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78
		SE	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78
		S	0,78	0,78	0,78	0,75	0,78
		SW	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78
		W	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78
		NW	0,78	0,78	0,78	0,85	0,78

Tabela Ap.I. 7 - Ganhos Solares de verão dos vãos envidraçados dos edifícios da zona BIS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área m <sup>2</sup>	Fracção Envidraçada Fg * método simplificado	Fator sel. Angular verão F <sub>w,v</sub>	Fator Solar de Verão	Área efectiva colectora As m <sup>2</sup>	Intensidade da Radiação Isol kWh/m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução Fo	Isol.Fs,v.As kWh/ano	Parcial
BIS	HAL	N	541,74	0,70	0,85	0,87	329,92	220,00	0,90	65.323,61	380.580,15
		NE	60,84	0,70	0,90	0,87	37,05	360,00	0,90	12.004,71	
		E	101,57	0,70	0,90	0,87	61,86	500,00	0,90	27.835,26	
		SE	31,32	0,70	0,90	0,87	19,07	495,00	0,90	8.497,41	
		S	836,92	0,70	0,80	0,87	509,68	420,00	1,00	214.066,76	
		SW	70,52	0,70	0,90	0,87	42,95	495,00	0,90	19.132,75	
		W	123,04	0,70	0,90	0,87	74,93	500,00	0,90	33.719,66	
	NW	0,00	0,70	0,90	0,87	0,00	360,00	0,90	0,00		
BIS	CS S. MIGUEL	N	0,00	0,70	0,80	0,78	0,00	220,00	0,90	0,00	59.108,27
		NE	88,17	0,70	0,85	0,78	48,14	360,00	0,90	15.597,63	
		E	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
		SE	61,54	0,70	0,85	0,78	33,60	495,00	0,90	14.969,17	
		S	0,00	0,70	0,75	0,78	0,00	420,00	0,90	0,00	
		SW	77,25	0,70	0,85	0,78	42,18	495,00	0,90	18.790,52	
		W	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
	NW	55,12	0,70	0,85	0,78	30,10	360,00	0,90	9.750,95		
BIS	CS S. TIAGO	N	31,08	0,70	0,80	0,78	16,97	220,00	0,90	3.360,00	49.659,30
		NE	29,00	0,70	0,85	0,78	15,83	360,00	0,90	5.130,22	
		E	26,58	0,70	0,85	0,78	14,51	500,00	0,90	6.530,71	
		SE	20,72	0,70	0,85	0,78	11,31	495,00	0,90	5.039,99	
		S	16,02	0,70	0,75	0,78	8,75	420,00	0,90	3.306,34	
		SW	7,23	0,70	0,85	0,78	3,94	495,00	0,90	1.757,43	
		W	56,52	0,70	0,85	0,78	30,86	500,00	0,90	13.886,96	
	NW	31,93	0,70	0,85	0,78	17,43	360,00	0,90	5.647,66		
BIS	CS IDANHA- A-NOVA	N	62,17	0,70	0,80	0,78	33,94	220,00	0,90	6.720,53	49.556,90
		NE	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	360,00	0,90	0,00	
		E	55,96	0,70	0,85	0,78	30,55	500,00	0,90	13.749,37	
		SE	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	495,00	0,90	0,00	
		S	91,38	0,70	0,75	0,78	49,89	420,00	0,90	18.859,74	
		SW	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	495,00	0,90	0,00	
		W	41,63	0,70	0,85	0,78	22,73	500,00	0,90	10.227,26	
	NW	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	360,00	0,90	0,00		
BIS	CS PENAMACO R	N	47,40	0,70	0,85	0,87	28,87	220,00	0,90	5.715,59	42.392,68
		NE	0,00	0,70	0,90	0,87	0,00	360,00	0,90	0,00	
		E	26,40	0,70	0,90	0,87	16,08	500,00	0,90	7.234,92	
		SE	0,00	0,70	0,90	0,87	0,00	495,00	0,90	0,00	
		S	85,04	0,70	0,80	0,87	51,79	420,00	0,90	19.576,38	
		SW	0,00	0,70	0,90	0,87	0,00	495,00	0,90	0,00	
		W	36,00	0,70	0,90	0,87	21,92	500,00	0,90	9.865,80	
	NW	0,00	0,70	0,90	0,87	0,00	360,00	0,90	0,00		
BIS	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	N	2,80	0,70	0,80	0,78	1,53	220,00	0,90	302,70	21.532,05
		NE	57,79	0,70	0,85	0,78	31,55	360,00	0,90	10.223,28	
		E	6,72	0,70	0,85	0,78	3,67	500,00	0,90	1.651,10	
		SE	27,27	0,70	0,85	0,78	14,89	495,00	0,90	6.632,02	
		S	0,00	0,70	0,75	0,78	0,00	420,00	0,90	0,00	
		SW	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	495,00	0,90	0,00	
		W	2,68	0,70	0,85	0,78	1,46	500,00	0,90	658,48	
	NW	11,67	0,70	0,85	0,78	6,37	360,00	0,90	2.064,47		

Tabela Ap.I. 8 - Ganhos Solares de verão dos vãos envidraçados dos edifícios da zona PIS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área m <sup>2</sup>	Fracção Envidraçada Fg * método simplificado	Fator sel. Angular verão F <sub>w,v</sub>	Fator Solar de Verão	Área efectiva colector a As m <sup>2</sup>	Intensidade da Radiação Isol kWh/m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução Fo	Isol.Fs,v.As kWh/ano	Parcial
PIS	CS OLEIROS	N	3,25	0,70	0,80	0,78	1,77	225,00	0,90	359,34	<b>30.758,08</b>
		NE	8,25	0,70	0,85	0,78	4,50	360,00	0,90	1.459,46	
		E	10,63	0,70	0,85	0,78	5,80	500,00	0,90	2.610,56	
		SE	64,37	0,70	0,85	0,78	35,14	500,00	0,90	15.815,22	
		S	3,25	0,70	0,75	0,78	1,77	420,00	0,90	670,76	
		SW	3,25	0,70	0,85	0,78	1,77	500,00	0,90	798,53	
		W	15,75	0,70	0,85	0,78	8,60	500,00	0,90	3.869,78	
		NW	29,25	0,70	0,85	0,78	15,97	360,00	0,90	5.174,44	
PIS	CS PROENÇA -A-NOVA	N	37,40	0,70	0,80	0,78	20,42	225,00	0,90	4.135,13	<b>17.537,33</b>
		NE	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	360,00	0,90	0,00	
		E	12,18	0,70	0,85	0,78	6,65	500,00	0,90	2.991,40	
		SE	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
		S	33,30	0,70	0,75	0,78	18,18	420,00	0,90	6.872,72	
		SW	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
		W	14,40	0,70	0,85	0,78	7,86	500,00	0,90	3.538,08	
		NW	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	360,00	0,90	0,00	
PIS	CS SERTÃ	N	15,62	0,70	0,85	0,87	9,51	225,00	0,90	1.926,30	<b>41.570,43</b>
		NE	40,60	0,70	0,90	0,87	24,73	360,00	0,90	8.011,03	
		E	11,58	0,70	0,90	0,87	7,05	500,00	0,90	3.173,50	
		SE	28,25	0,70	0,90	0,87	17,20	500,00	0,90	7.741,91	
		S	3,28	0,70	0,80	0,87	2,00	420,00	0,90	755,06	
		SW	25,88	0,70	0,90	0,87	15,76	500,00	0,90	7.091,04	
		W	11,58	0,70	0,90	0,87	7,05	500,00	0,90	3.173,50	
		NW	49,15	0,70	0,90	0,87	29,93	360,00	0,90	9.698,08	
PIS	CS VILA DE REI	N	0,00	0,70	0,80	0,78	0,00	225,00	0,90	0,00	<b>39.493,47</b>
		NE	51,14	0,70	0,85	0,78	27,92	360,00	0,90	9.046,34	
		E	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
		SE	41,03	0,70	0,85	0,78	22,40	500,00	0,90	10.081,69	
		S	0,00	0,70	0,75	0,78	0,00	420,00	0,90	0,00	
		SW	45,43	0,70	0,85	0,78	24,80	500,00	0,90	11.161,66	
		W	0,00	0,70	0,85	0,78	0,00	500,00	0,90	0,00	
		NW	52,03	0,70	0,85	0,78	28,41	360,00	0,90	9.203,78	

Tabela Ap.I. 9 - Ganhos Solares de verão da envolvente opaca dos edifícios da zona BIS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área m <sup>2</sup>	Coef. absorção $\alpha$	Upond W/m <sup>2</sup> .°C	Rse m <sup>2</sup> .°C/W	Área efectiva	Factor de Obstrução	Intensida de da Radiação Isol	Isol.Fs.As	Parcial
BIS	HAL	N	3652,92	0,4	0,82	0,04	47,69	1	220,00	10.491,07	
		NE	377,82	0,4	0,82	0,04	4,93	1	360,00	1.775,60	
		E	1126,11	0,4	0,82	0,04	14,70	1	500,00	7.350,35	
		SE	221,58	0,4	0,82	0,04	2,89	1	495,00	1.431,83	
		S	3787,05	0,4	0,82	0,04	49,44	1	420,00	20.763,82	
		SW	432,48	0,4	0,82	0,04	5,65	1	495,00	2.794,65	
		W	1611,39	0,4	0,82	0,04	21,04	1	500,00	10.517,86	
		NW	118,47	0,4	0,82	0,04	1,55	1	360,00	556,76	<b>55.681,94</b>
BIS	CS S. MIGUEL	N	0,00	0,4	0,46	0,04	0,00	1	220,00	0,00	
		NE	572,60	0,4	0,46	0,04	4,21	1	360,00	1.517,16	
		E	0,00	0,4	0,46	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
		SE	578,73	0,4	0,46	0,04	4,26	1	495,00	2.108,41	
		S	0,00	0,4	0,46	0,04	0,00	1	420,00	0,00	
		SW	572,60	0,4	0,46	0,04	4,21	1	495,00	2.086,10	
		W	0,00	0,4	0,46	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
		NW	579,43	0,4	0,46	0,04	4,26	1	360,00	1.535,24	<b>7.246,91</b>
BIS	CS S. TIAGO	N	93,30	0,4	0,57	0,04	0,85	1	220,00	187,20	
		NE	122,73	0,4	0,57	0,04	1,12	1	360,00	402,95	
		E	85,98	0,4	0,57	0,04	0,78	1	500,00	392,07	
		SE	158,91	0,4	0,57	0,04	1,45	1	495,00	717,38	
		S	118,80	0,4	0,57	0,04	1,08	1	420,00	455,05	
		SW	40,62	0,4	0,57	0,04	0,37	1	495,00	183,37	
		W	242,28	0,4	0,57	0,04	2,21	1	500,00	1.104,80	
		NW	133,74	0,4	0,57	0,04	1,22	1	360,00	439,10	<b>3.881,91</b>
BIS	CS IDANHA-A-NOVA	N	322,70	0,4	0,54	0,04	2,76	1	220,00	608,16	
		NE	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	360,00	0,00	
		E	210,87	0,4	0,54	0,04	1,81	1	500,00	903,19	
		SE	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	495,00	0,00	
		S	284,63	0,4	0,54	0,04	2,44	1	420,00	1.024,08	
		SW	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	495,00	0,00	
		W	178,61	0,4	0,54	0,04	1,53	1	500,00	765,03	
		NW	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	360,00	0,00	<b>3.300,46</b>
BIS	CS PENAMA COR	N	373,60	0,4	2,18	0,04	13,02	1	220,00	2.865,28	
		NE	0,00	0,4	2,18	0,04	0,00	1	360,00	0,00	
		E	153,60	0,4	2,18	0,04	5,35	1	500,00	2.677,31	
		SE	0,00	0,4	2,18	0,04	0,00	1	495,00	0,00	
		S	373,60	0,4	2,18	0,04	13,02	1	420,00	5.470,08	
		SW	0,00	0,4	2,18	0,04	0,00	1	495,00	0,00	
		W	153,60	0,4	2,18	0,04	5,35	1	500,00	2.677,31	
		NW	0,00	0,4	2,18	0,04	0,00	1	360,00	0,00	<b>13.689,98</b>
BIS	CS VILA VELHA DE RÓDÃO	N	48,00	0,4	0,52	0,04	0,40	1	220,00	87,86	
		NE	137,82	0,4	0,52	0,04	1,15	1	360,00	412,80	
		E	42,48	0,4	0,52	0,04	0,35	1	500,00	176,72	
		SE	303,45	0,4	0,52	0,04	2,52	1	495,00	1.249,73	
		S	0,00	0,4	0,52	0,04	0,00	1	420,00	0,00	
		SW	94,80	0,4	0,52	0,04	0,79	1	495,00	390,42	
		W	79,02	0,4	0,52	0,04	0,66	1	500,00	328,72	
		NW	161,69	0,4	0,52	0,04	1,35	1	360,00	484,28	<b>3.130,53</b>

Tabela Ap.I. 10 - Ganhos Solares de verão da envolvente opaca dos edifícios da zona PIS.

ZONA NUTS III	EDIFÍCIO	ORIENT.	Área	Coeficiente de absorção $\alpha$	U	Rse	Área efectiva	Factor de Obstrução	Intensidade da Radiação Isol	Isol.Fs.As	Parcial
			m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup> .°C/W					
PIS	CS OLEIROS	N	57,03	0,4	0,43	0,04	0,39	1	225,00	88,28	2.999,55
		NE	90,90	0,4	0,43	0,04	0,63	1	360,00	225,14	
		E	68,58	0,4	0,43	0,04	0,47	1	500,00	235,92	
		SE	298,68	0,4	0,43	0,04	2,05	1	500,00	1.027,46	
		S	45,63	0,4	0,43	0,04	0,31	1	420,00	131,85	
		SW	84,15	0,4	0,43	0,04	0,58	1	500,00	289,48	
		W	98,85	0,4	0,43	0,04	0,68	1	500,00	340,04	
	NW	267,03	0,4	0,43	0,04	1,84	1	360,00	661,38		
PIS	CS PROENÇA-A-NOVA	N	186,45	0,4	0,54	0,04	1,61	1	225,00	362,46	2.379,96
		NE	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	360,00	0,00	
		E	123,90	0,4	0,54	0,04	1,07	1	500,00	535,25	
		SE	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
		S	227,22	0,4	0,54	0,04	1,96	1	420,00	824,54	
		SW	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
		W	152,25	0,4	0,54	0,04	1,32	1	500,00	657,72	
	NW	0,00	0,4	0,54	0,04	0,00	1	360,00	0,00		
PIS	CS SERTÃ	N	40,70	0,4	1,01	0,04	0,66	1	225,00	147,97	8.105,68
		NE	247,42	0,4	1,01	0,04	4,00	1	360,00	1.439,40	
		E	49,13	0,4	1,01	0,04	0,79	1	500,00	396,93	
		SE	236,44	0,4	1,01	0,04	3,82	1	500,00	1.910,43	
		S	75,90	0,4	1,01	0,04	1,23	1	420,00	515,15	
		SW	220,76	0,4	1,01	0,04	3,57	1	500,00	1.783,73	
		W	49,13	0,4	1,01	0,04	0,79	1	500,00	396,93	
	NW	260,44	0,4	1,01	0,04	4,21	1	360,00	1.515,14		
PIS	CS VILA DE REI	N	0,00	0,4	1,56	0,04	0,00	1	225,00	0,00	12.628,35
		NE	283,17	0,4	1,56	0,04	7,09	1	360,00	2.550,63	
		E	0,00	0,4	1,56	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
		SE	303,81	0,4	1,56	0,04	7,60	1	500,00	3.800,76	
		S	0,00	0,4	1,56	0,04	0,00	1	420,00	0,00	
		SW	283,14	0,4	1,56	0,04	7,08	1	500,00	3.542,14	
		W	0,00	0,4	1,56	0,04	0,00	1	500,00	0,00	
	NW	303,62	0,4	1,56	0,04	7,60	1	360,00	2.734,82		

## Apêndice II - Ambientes da aplicação desenvolvida para controlo de faturação e consumos de energia

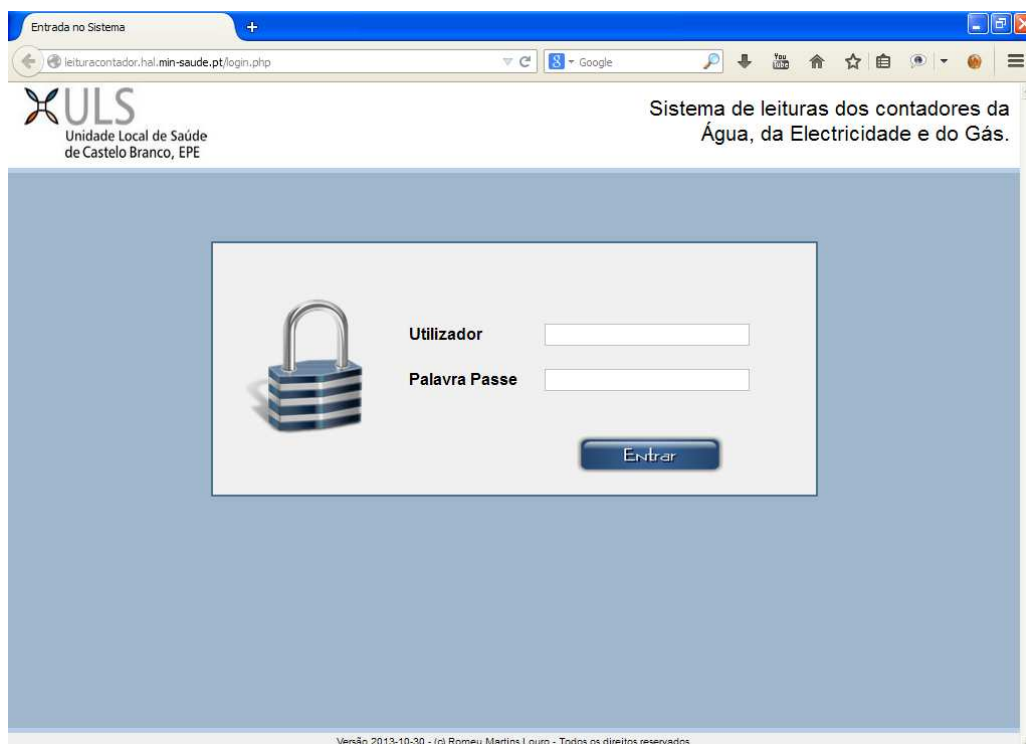


Figura Ap.II. 1 - Ambiente de entrada na aplicação desenvolvida para controlos dos contadores de água, da eletricidade e do gás.

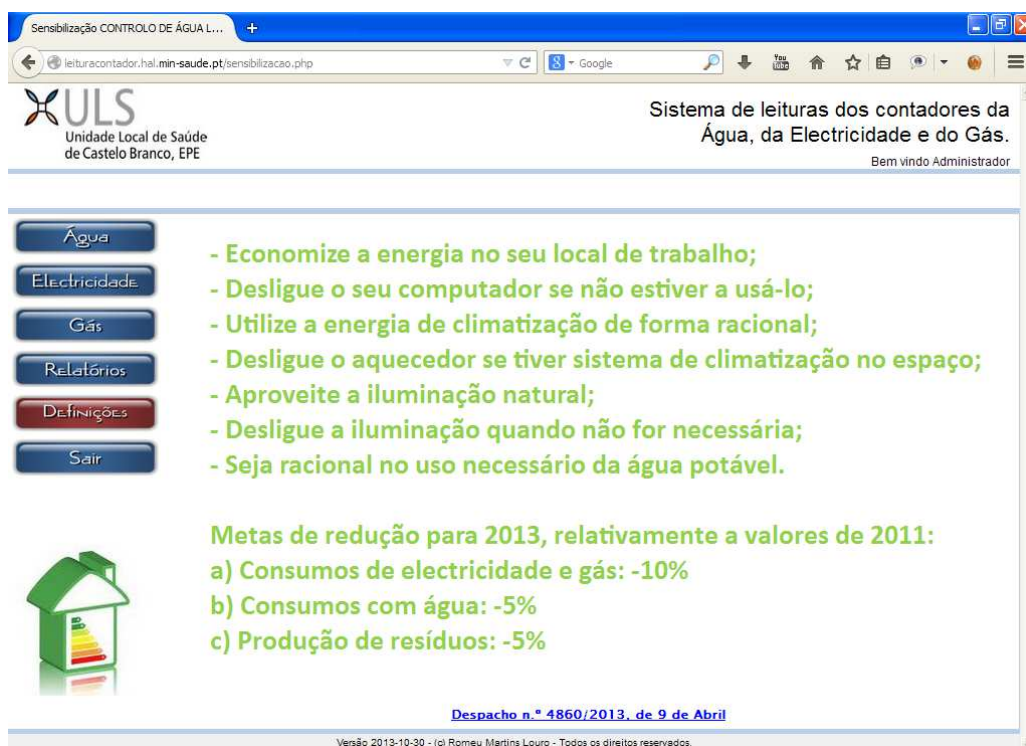


Figura Ap.II. 2 - Ambiente da aplicação após entrada autenticada.

Lista de Contratos de Água CONTRO...

leituracontador.hal.min-saude.pt/listacontratosagua.php

ULS  
Unidade Local de Saúde  
de Castelo Branco, EPE

Sistema de leituras dos contadores da  
Água, da Electricidade e do Gás.

Bem vindo Administrador

Exporta Facturação Exporta Consumo Adicionar

**LISTA DE CONTRATOS DE ÁGUA**

ACES	Centro de Custo	Local de Consumo	Referência	Facturas	Leituras
BIS	UCSP ALCAINS	ALCAINS	COD ENT: 17626; COD LOCAL: 13949; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: TAGUS N.º: 34/3305 CALIBRE: 20	2014-04-21 LC 5305	2014-07-01 LC 5316
BIS	UCSP ALCAINS	LOURICAL DO CAMPO	COD ENT: 22447; COD LOCAL: 16925; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ATLANTIS N.º: 31/34527 CALIBRE: 15	2014-05-08 LC 340	2013-12-02 LC 303
BIS	UCSP ALCAINS	LOUSA	COD ENT: 21705; COD LOCAL: 17307; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ATLANTIS N.º: 46/37654 CALIBRE: 20	2014-05-12 LC 636	2014-07-01 LC 640
BIS	UCSP ALCAINS	S. VICENTE DA BEIRA	COD ENT: 13453; COD LOCAL: 9766; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ATLANTIS N.º: 46/41290 CALIBRE: 20	2014-04-27 LC 1897	2014-07-01 LC 1903
BIS	UCSP CBRANCO S. MIGUEL	CS S. MIGUEL	COD ENT: 48241; COD LOCAL: 35266; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: MEIMECKE N.º: 78/52145 CALIBRE: 80	2014-06-17 LC 3111	
BIS	UCSP CBRANCO S. MIGUEL	SALGUEIRO DO CAMPO	COD ENT: 14673; COD LOCAL: 10528; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ZENIT N.º: 37/40423 CALIBRE: 20	2014-04-22 LC 443	2012-02-10 LC 391
BIS	UCSP CBRANCO S. TIAGO	CEBOLAIS DE CIMA	COD ENT: 11768; COD LOCAL: 8892; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: STELLA N.º: 67/10797 CALIBRE: 40	2014-06-08 LC 4974	2012-02-13 LC 4698
BIS	UCSP CBRANCO S. TIAGO	CS S. TIAGO	COD ENT: 1733; COD LOCAL: 1019; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ATLANTIS N.º: 68/33141 CALIBRE: 40	2014-06-03 LC 23833	2012-02-10 LC 21412
BIS	UCSP CBRANCO S. TIAGO	ESCALOS DE BAIXO	COD ENT: 438; COD LOCAL: 35323; GR: SUBGR: 004/006; CONTADOR: MARCA: ZENIT N.º: 500/55949 CALIBRE: 20	2014-01-07 LC 48	

Versão 2013-10-30 - (c) Romeu Martins Louro - Todos os direitos reservados.

Figura Ap.II. 3 - Ambiente com listagem parcial dos contratos de água

Lista de Contratos de Electricidade CO...

leituracontador.hal.min-saude.pt/listacontratosedp.php

ULS  
Unidade Local de Saúde  
de Castelo Branco, EPE

Sistema de leituras dos contadores da  
Água, da Electricidade e do Gás.

Bem vindo Administrador

Exporta Facturação Exporta Consumo Adicionar

**LISTA DE CONTRATOS DE ELECTRICIDADE**

ACES	Centro de Custo	Local	CIL	N.º Contrato	Tarifa	Facturas	Leituras
PIS	UCSP PROENÇA-A-NOVA	MONTES DA SENHORA	0.110.565.007	900.582.2633	BTN-MÉDIAS UT => 27,6kVA (CICLO DIÁRIO 41,4 kVA)		2014-02-10 VZ 9221 P 3488 C 4895
PIS	UCSP PROENÇA-A-NOVA	SOBREIRA FORMOSA	0086384838	9003692924	BTN-SIMPLES 3,45 ATÉ 20,7 kVA	2014-05-17 N 51207	2014-04-01 N 47426
PIS	UCSP SERTÀ	CERNACHE	0072727852	9005337271	BTN-MÉDIAS UT => 27,7kVA (CICLO DIÁRIO 41,4kVA)	2014-05-16 VZ 39815 P 18733 C 51895	2014-07-01 VZ 52587 P 111591 C 39990
PIS	UCSP SERTÀ	CS SERTÀ	0070282042	9005924349	BTE-MÉDIAS UT TETRA HORARIO 105kVA (CICLO DIARIO 90,40 kW)	2014-03-09 VN 90531 SV 58812 P 79938 C 202664	
PIS	UCSP SERTÀ	PEDRÓGÃO PEQUENO	0.085.169.521	851.695.201	BTN-SIMPLES 3,45 ATÉ 20,7 kVA	2014-05-18 N 16394	2014-07-01 N 15481
PIS	UCSP VILA DE REI	CS VILA DE REI	0108146712	9003046067	BTE-MÉDIAS UT 250kVA (CICLO DIARIO)	2014-06-06 VN 92161 SV 66890 P 63405 C 156819	
HAL	HAL	HOSPITAL AMATO LUSITÃO	0100122011	00021100014854	FER CICLO SEMANAL COM FERIADOS - 772kW		

Versão 2013-10-30 - (c) Romeu Martins Louro - Todos os direitos reservados.

Figura Ap.II. 4 - Ambiente com listagem parcial dos contratos de electricidade



Figura Ap.II. 5 - Ambiente com listagem dos contratos de gás

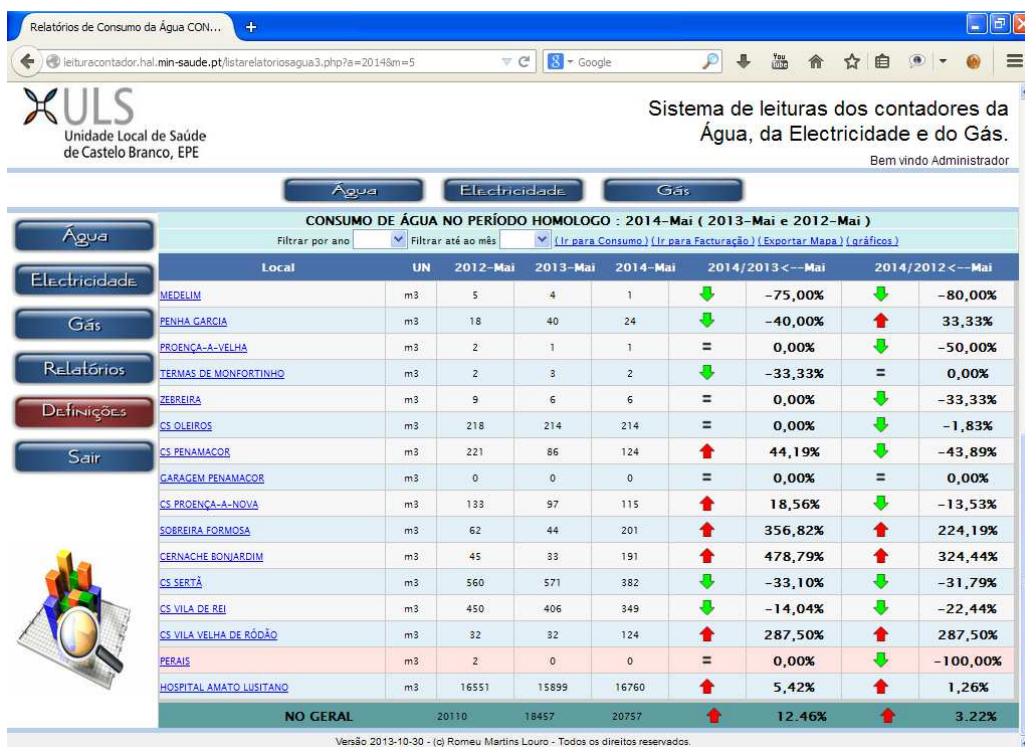


Figura Ap.II. 6 - Ambiente com listagem parcial do consumo de água no período homólogo de maio de 2014 com os 2 anos últimos

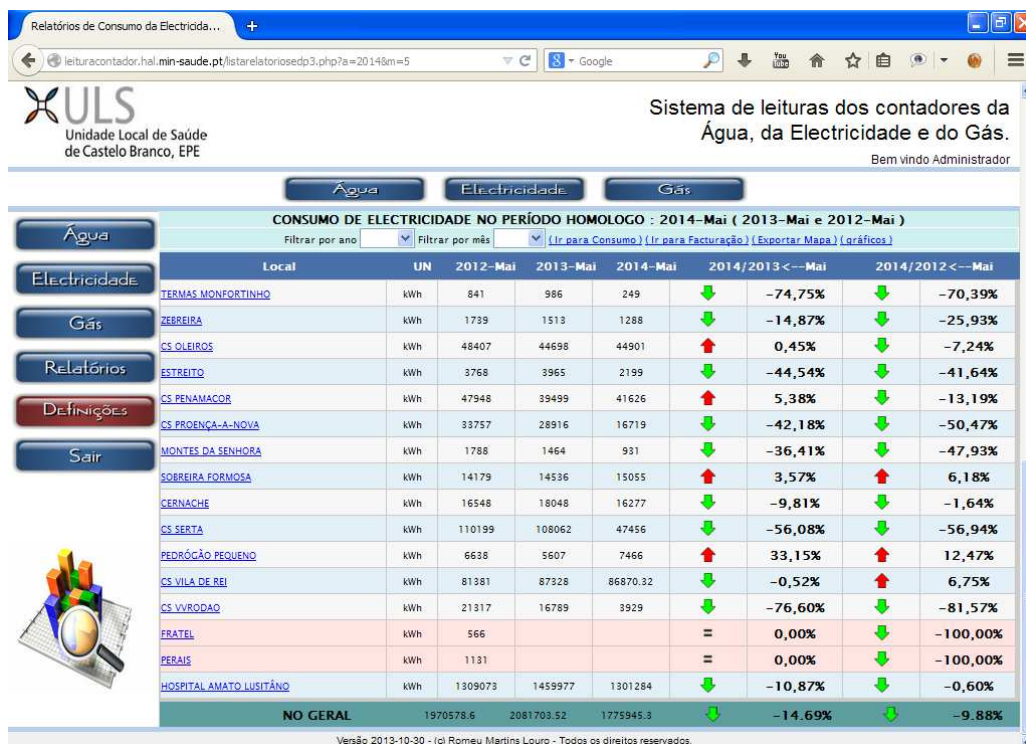


Figura Ap.II. 7 - Ambiente com listagem parcial de consumo de eletricidade no período homólogo de maio de 2014 com os 2 anos últimos.

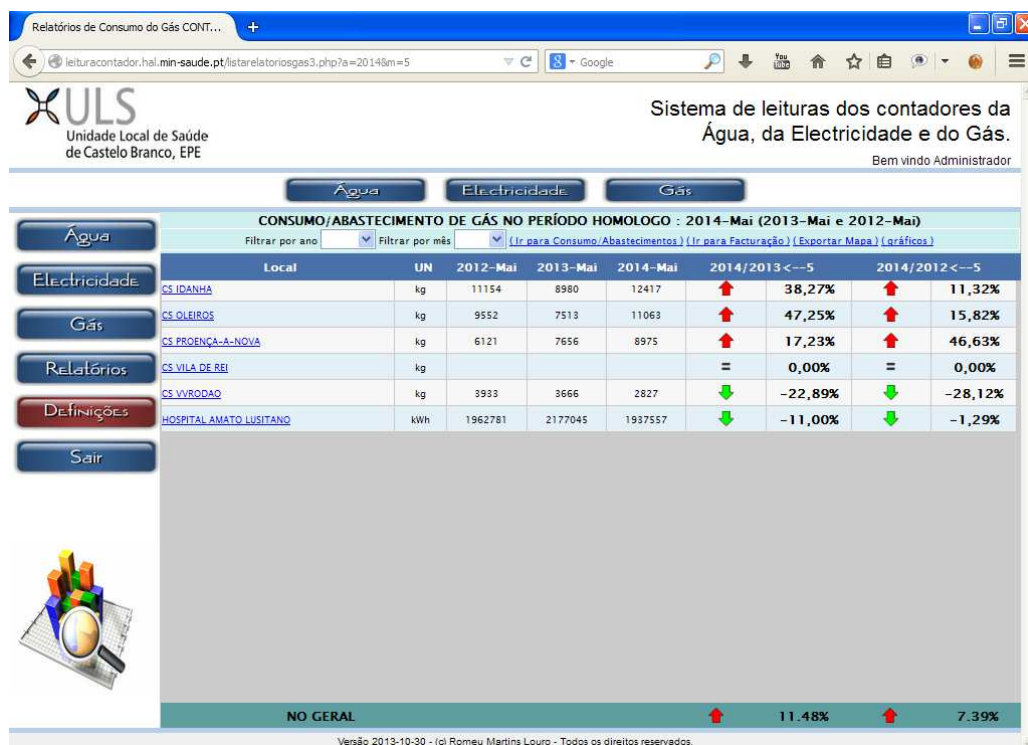


Figura Ap.II. 8 - Ambiente com listagem dos consumos de gás no período homólogo de maio de 2014 com os 2 anos últimos.



Figura Ap.II. 9 - Ambiente com quadro parcial dos consumos de eletricidade do ano de 2013

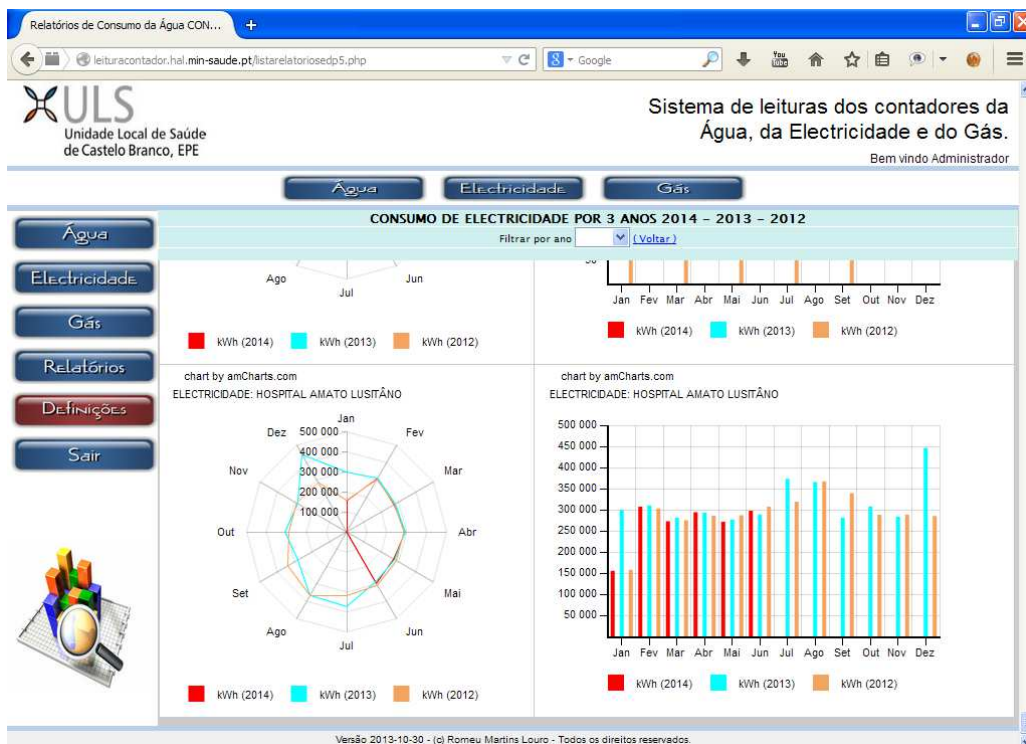


Figura Ap.II. 10 - Ambiente com gráficos radiais e de barras dos consumos de eletricidade no período homólogo de maio de 2014 com os 2 anos últimos

## Apêndice III - Consumo de eletricidade dos edifícios da ULS

Tabela Ap.III. 1 - Consumos de eletricidade entre 2011 e 2013, em kWh.

LOCAL	UNID	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
S. MIGUEL	kWh 2011	23.293	19.878	19.544	11.947	12.169	8.483	17.460	13.552	12.438	12.889	13.786	15.039	<b>180.479</b>
	kWh 2012	23.666	23.001	17.896	14.350	12.553	9.664	11.236	12.197	10.681	11.287	11.287	17.029	<b>174.847</b>
	kWh 2013	20.206	17.362	17.264	13.158	10.489	8.298	15.217	14.444	14.488	14.453	15.233	22.188	<b>182.801</b>
S TIAGO	kWh 2011	18.654	16.849	15.972	12.383	9.217	9.253	8.811	11.213	14.041	10.971	9.944	11.986	<b>149.294</b>
	kWh 2012	15.472	12.881	16.335	11.855	9.131	9.512	10.355	12.620	10.673	10.203	8.600	12.891	<b>140.528</b>
	kWh 2013	13.913	16.144	13.937	14.340	14.098	12.987	13.338	12.357	12.535	10.923	8.294	26.037	<b>168.903</b>
IDANHA	kWh 2011	9.729	10.275	8.292	8.102	6.111	9.601	10.803	11.972	11.156	9.386	8.388	8.587	<b>112.402</b>
	kWh 2012	10.537	10.942	9.765	7.558	8.816	8.250	11.473	14.902	13.785	11.299	9.957	10.518	<b>127.802</b>
	kWh 2013	10.927	12.301	9.346	9.333	7.538	6.400	12.502	14.228	18.059	8.310	8.171	16.624	<b>133.739</b>
OLEIROS	kWh 2011	15.142	12.094	14.618	9.686	9.142	13.371	10.726	13.074	11.932	12.399	10.252	12.039	<b>144.475</b>
	kWh 2012	11.367	11.022	8.823	9.491	7.704	11.500	12.563	13.700	13.421	12.002	10.091	10.858	<b>132.542</b>
	kWh 2013	10.003	9.437	8.658	8.117	8.483	8.838	15.731	15.349	14.916	11.496	10.480	11.510	<b>133.018</b>
PENAMACOR	kWh 2011	16.412	14.824	11.962	11.024	11.024	5.540	5.686	4.120	7.512	5.076	6.716	9.890	<b>109.786</b>
	kWh 2012	11.718	9.524	9.324	8.279	9.103	4.919	4.798	5.639	5.866	4.348	6.120	7.279	<b>86.917</b>
	kWh 2013	7.612	9.356	8.716	8.544	5.271	4.356	3.757	4.819	5.466	4.401	5.102	7.318	<b>74.718</b>
PROENÇA-A-NOVA	kWh 2011	6.366	5.749	5.155	4.686	4.894	5.334	4.521	5.451	8.033	4.910	5.288	6.501	<b>66.888</b>
	kWh 2012	7.254	6.170	6.157	6.139	8.037	4.855	899	6.647	6.451	5.826	5.580	5.636	<b>69.651</b>
	kWh 2013	6.026	6.409	5.278	5.490	5.713	5.801	6.242	6.241	9.245	4.019	6.562	11.270	<b>78.296</b>
SERTA	kWh 2011	18.356	32.254	23.112	13.434	8.044	6.094	10.798	8.676	9.264	7.946	3.776	33.090	<b>174.844</b>
	kWh 2012	23.655	31.572	23.890	14.794	16.288	8.401	8.737	9.937	9.194	8.446	14.235	23.270	<b>192.419</b>
	kWh 2013	25.117	25.353	23.155	21.820	12.617	11.263	10.244	10.400	13.255	4.884	11.344	37.606	<b>207.058</b>
VILA DE REI	kWh 2011	16.742	18.242	19.106	15.782	9.608	8.720	11.136	4.996	10.052	4.888	4.304	16.132	<b>139.708</b>
	kWh 2012	18.773	16.957	17.025	13.007	15.619	10.167	5.531	9.804	8.514	4.540	10.978	15.549	<b>146.464</b>
	kWh 2013	17.076	17.188	18.233	18.784	16.047	13.596	4.842	7.828	16.663	14.109	10.841	17.245	<b>172.452</b>
VVRODAO	kWh 2011	4.921	6.028	2.974	2.630	3.056	4.406	4.106	4.954	6.428	4.348	4.296	3.980	<b>52.127</b>
	kWh 2012	3.660	5.089	4.637	4.209	3.722	5.196	6.020	6.888	6.839	5.546	3.451	2.910	<b>58.167</b>
	kWh 2013	3.212	3.723	3.226	3.556	3.072	3.620	7.554	8.056	9.900	3.893	4.993	5.342	<b>60.147</b>
HOSPITAL AMATO LUSITANO	kWh 2011	311.529	326.665	280.527	297.461	275.028	457.881	172.418	342.562	310.430	329.803	289.129	417.566	<b>3.810.999</b>
	kWh 2012	158.044	302.760	275.356	285.981	286.932	307.011	319.095	367.102	339.076	288.257	288.063	285.046	<b>3.502.723</b>
	kWh 2013	299.228	310.091	280.902	293.116	276.640	288.456	373.273	365.652	281.129	307.792	283.411	446.570	<b>3.806.260</b>
<b>TOTAL 2011</b>	<b>kWh 2011</b>	<b>441.144</b>	<b>462.858</b>	<b>401.262</b>	<b>387.135</b>	<b>348.293</b>	<b>528.683</b>	<b>256.465</b>	<b>420.570</b>	<b>401.286</b>	<b>402.616</b>	<b>355.879</b>	<b>534.810</b>	<b>4.941.002</b>
<b>TOTAL 2012</b>	<b>kWh 2012</b>	<b>284.147</b>	<b>429.918</b>	<b>389.208</b>	<b>375.663</b>	<b>377.905</b>	<b>379.475</b>	<b>390.707</b>	<b>459.436</b>	<b>424.500</b>	<b>361.754</b>	<b>368.362</b>	<b>390.986</b>	<b>4.632.060</b>
<b>TOTAL 2013</b>	<b>kWh 2013</b>	<b>413.320</b>	<b>427.364</b>	<b>388.715</b>	<b>396.258</b>	<b>359.968</b>	<b>363.615</b>	<b>462.700</b>	<b>459.374</b>	<b>395.656</b>	<b>384.280</b>	<b>364.431</b>	<b>601.710</b>	<b>5.017.392</b>

## Anexos

### Anexo I - Resultados da Aplicação do *DesignBuilder*

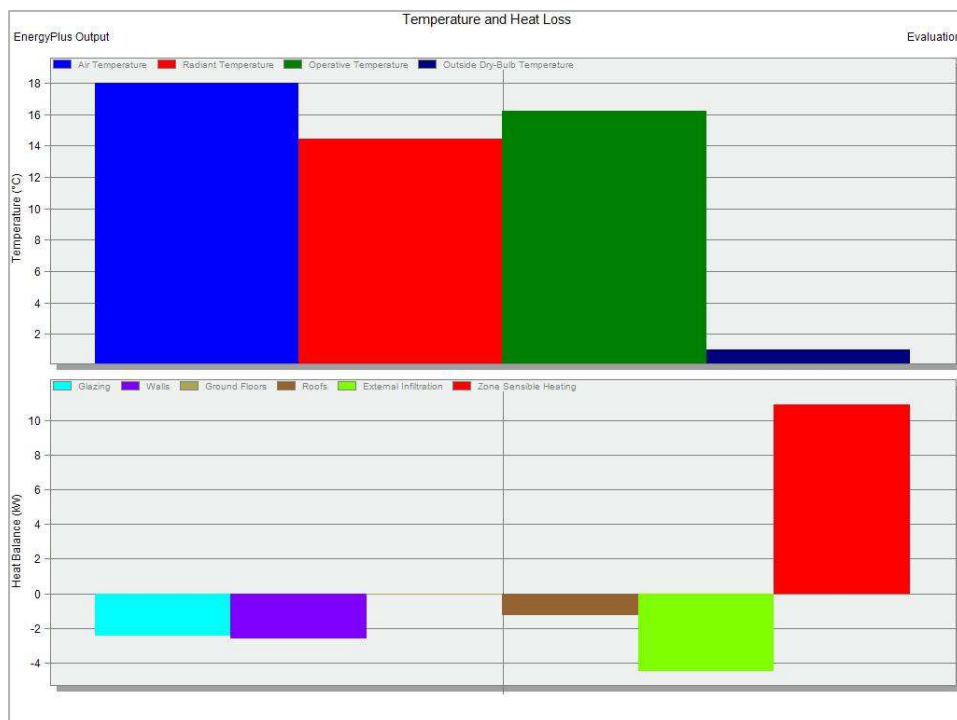


Figura An.I. 1 - Resultados de aquecimento do cenário 1.

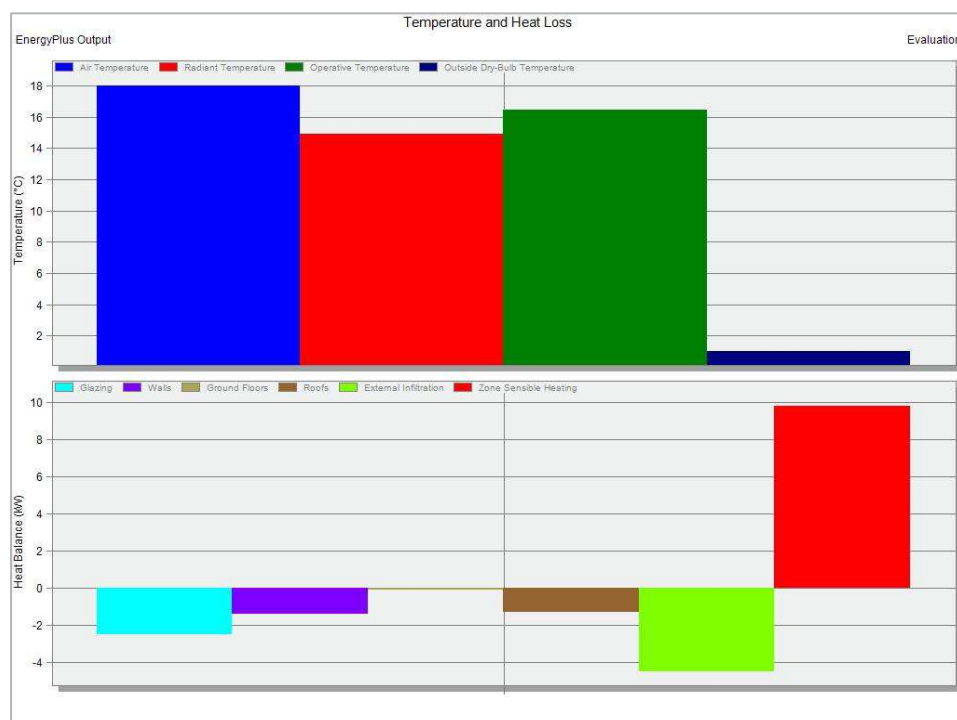


Figura An.I. 2 - Resultados de aquecimento do cenário 2.

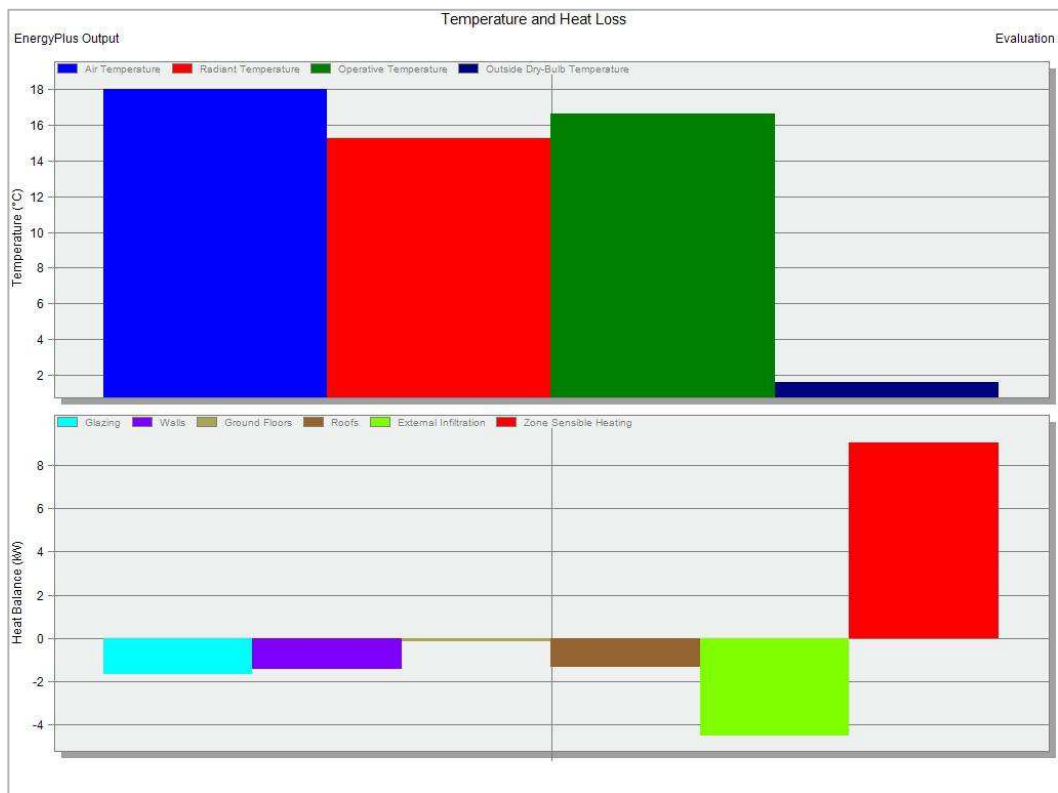


Figura An.I. 3 - Resultados de aquecimento do cenário 3.

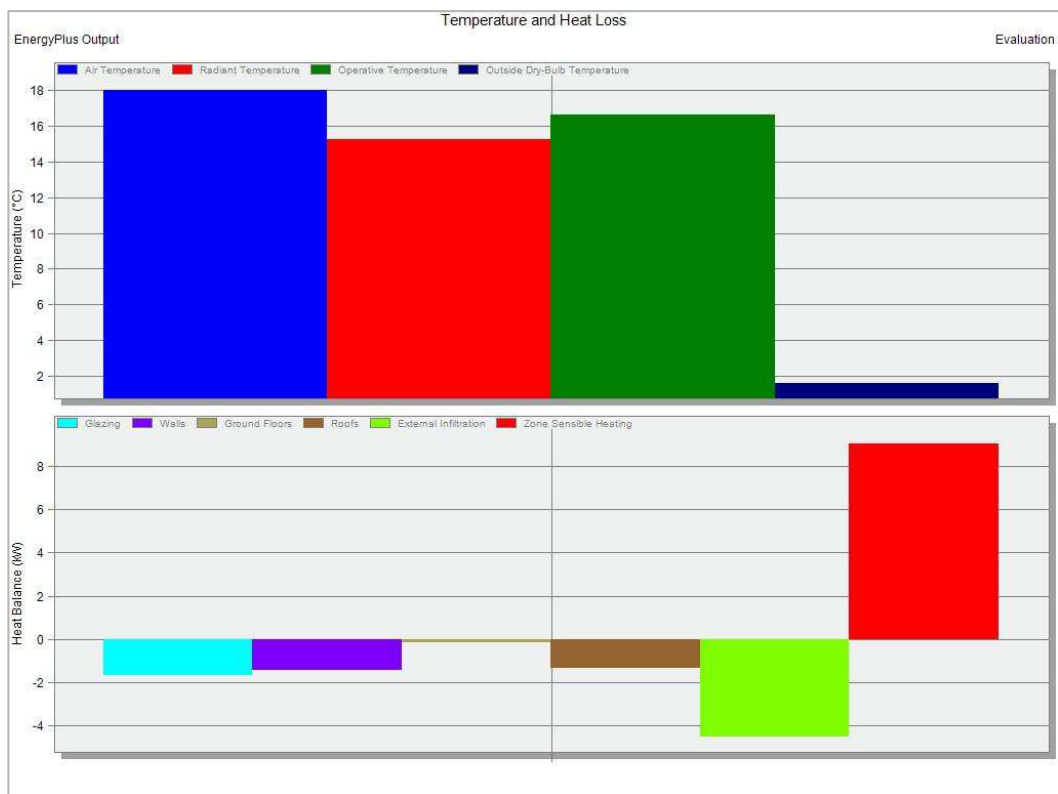


Figura An.I. 4 - Resultados de aquecimento do cenário 4.

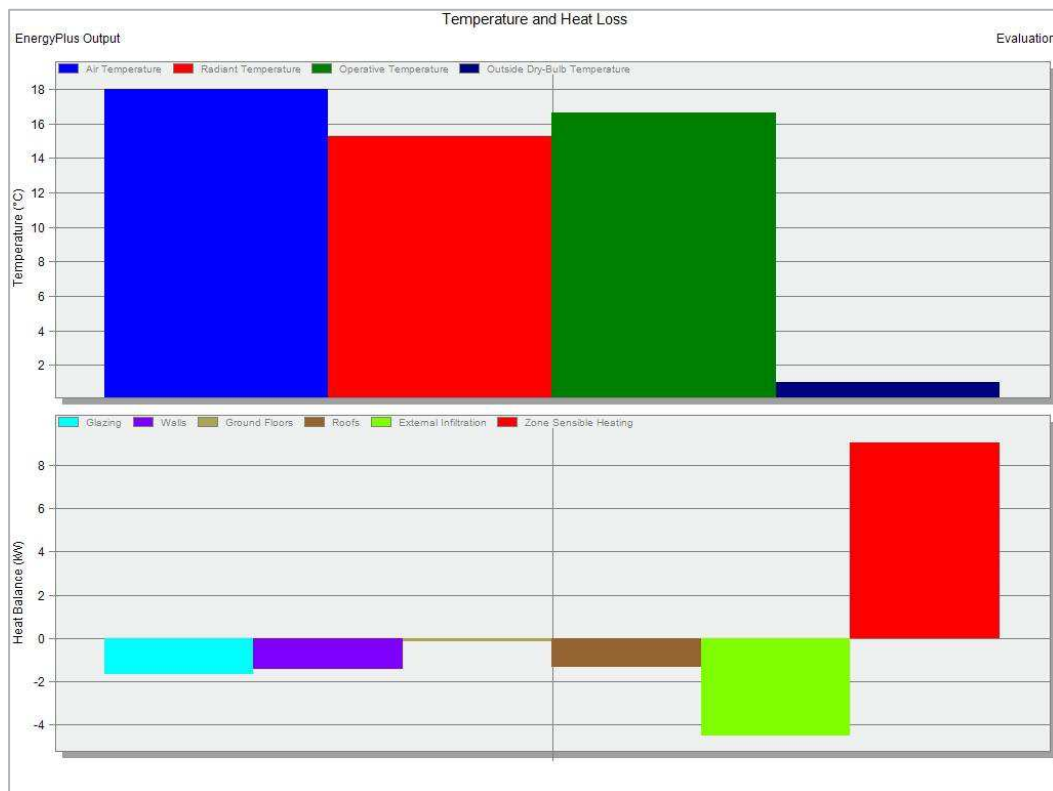


Figura An.I. 5 - Resultados de aquecimento do cenário 5.

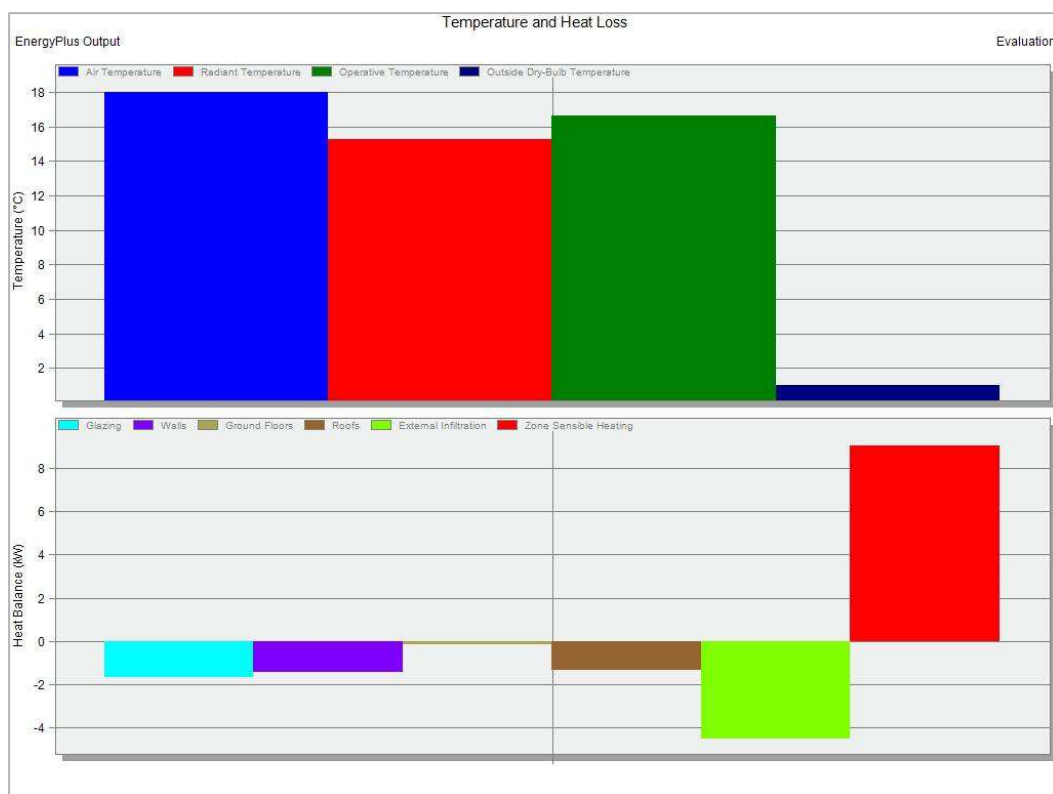


Figura An.I. 6 - Resultados de aquecimento do cenário 6.

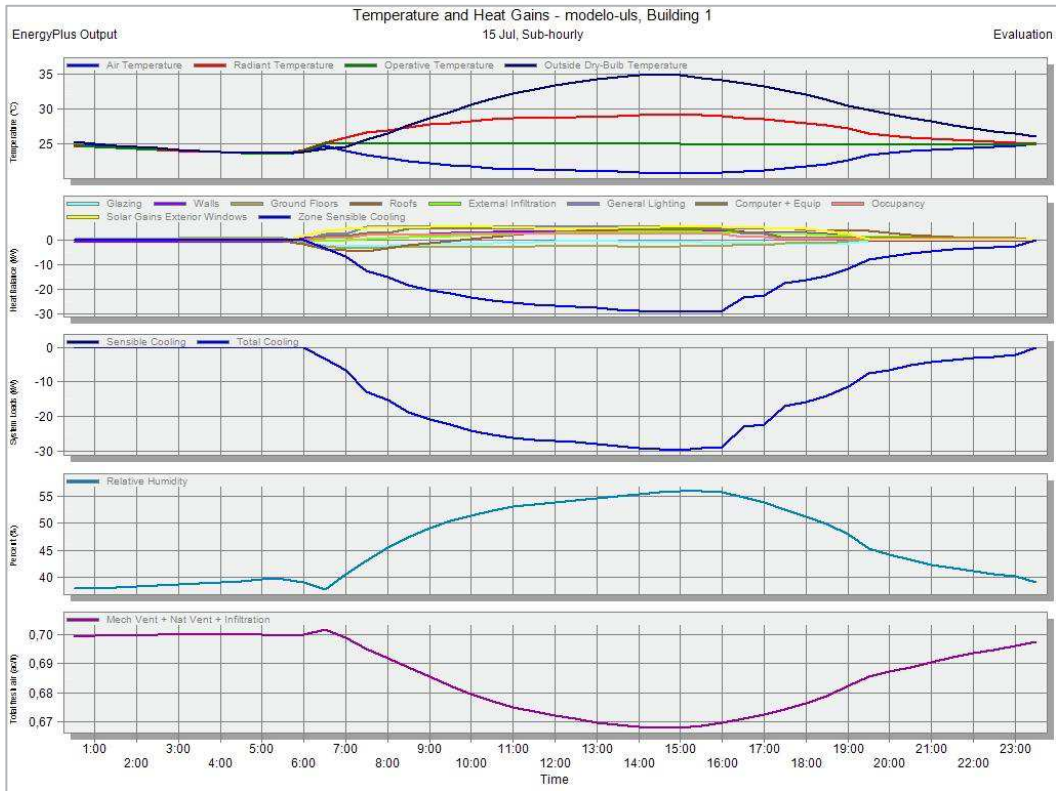


Figura An.I. 7 - Resultados de arrefecimento do cenário 1.

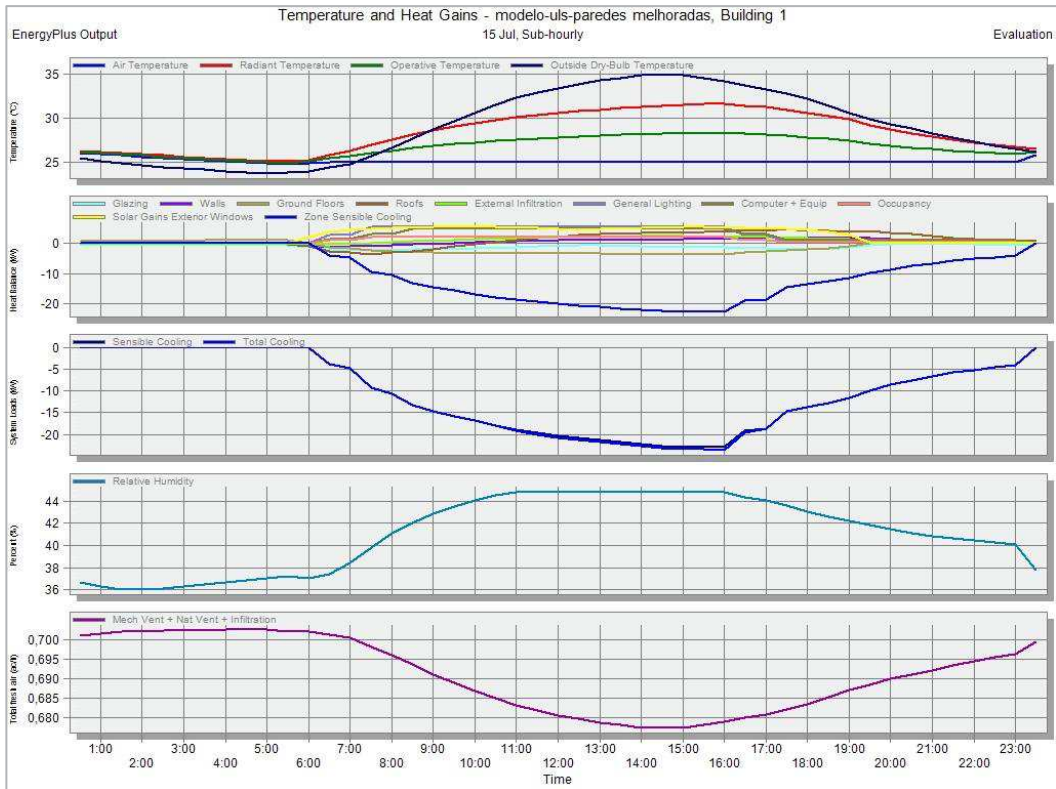


Figura An.I. 8 - Resultados de arrefecimento do cenário 2.

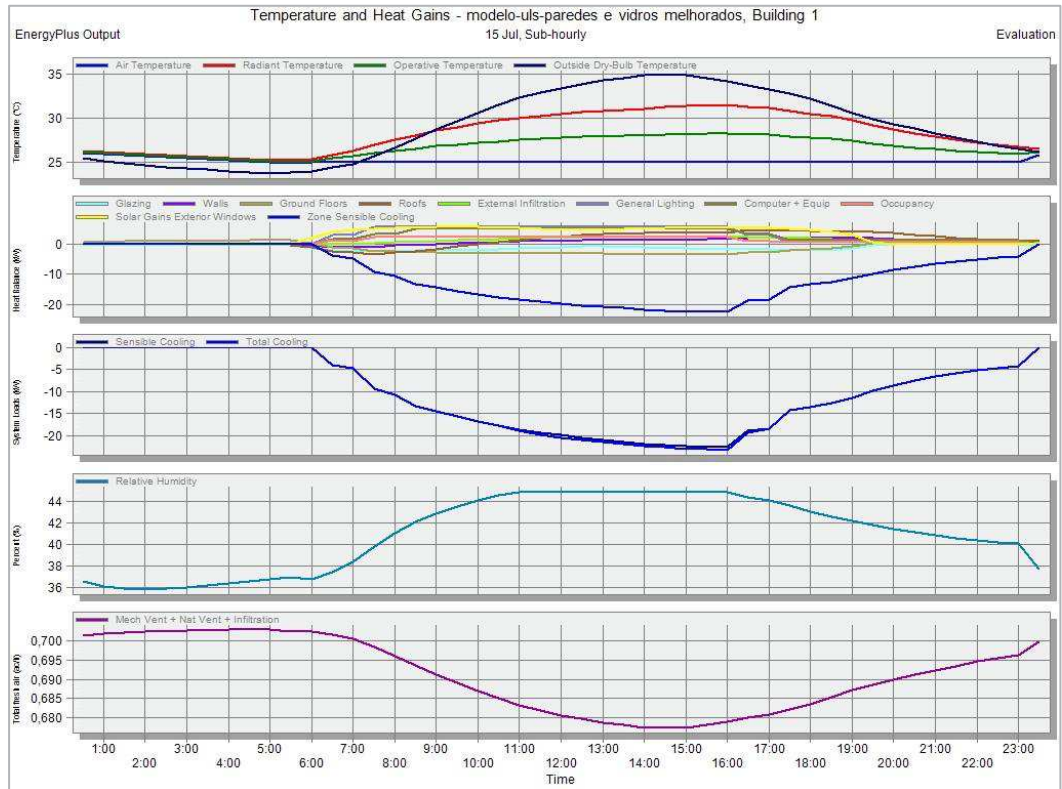


Figura An.I. 9 - Resultados de arrefecimento do cenário 3.

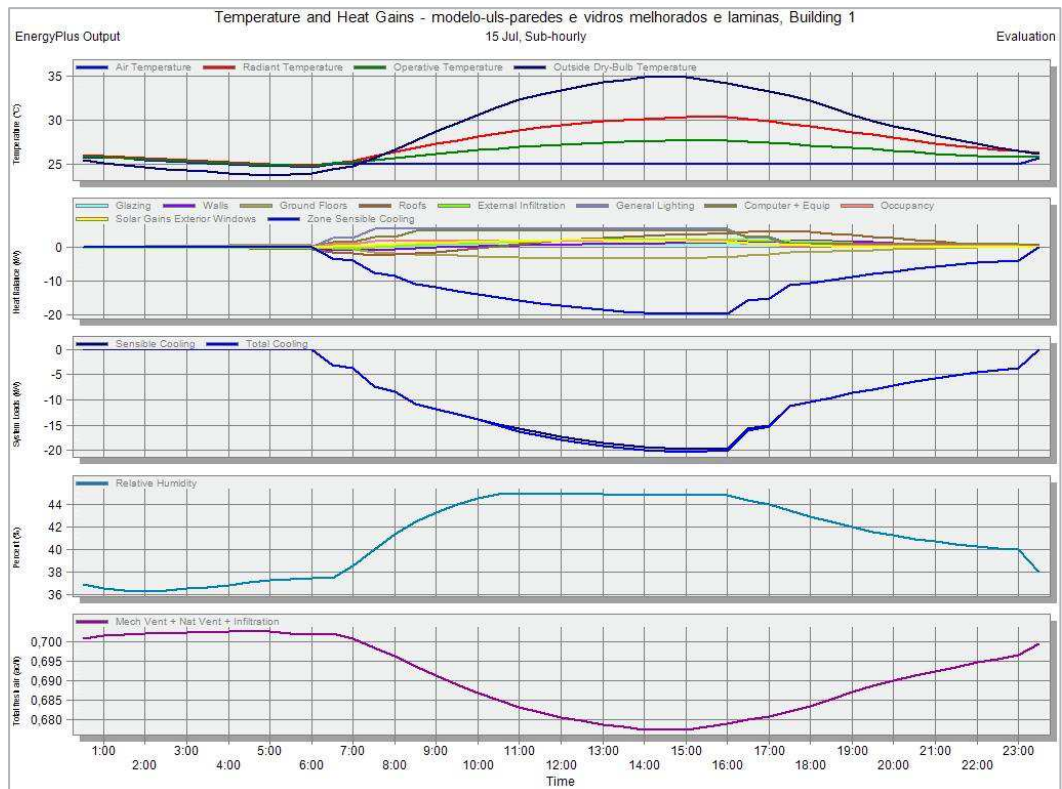


Figura An.I. 10 - Resultados de arrefecimento do cenário 4.

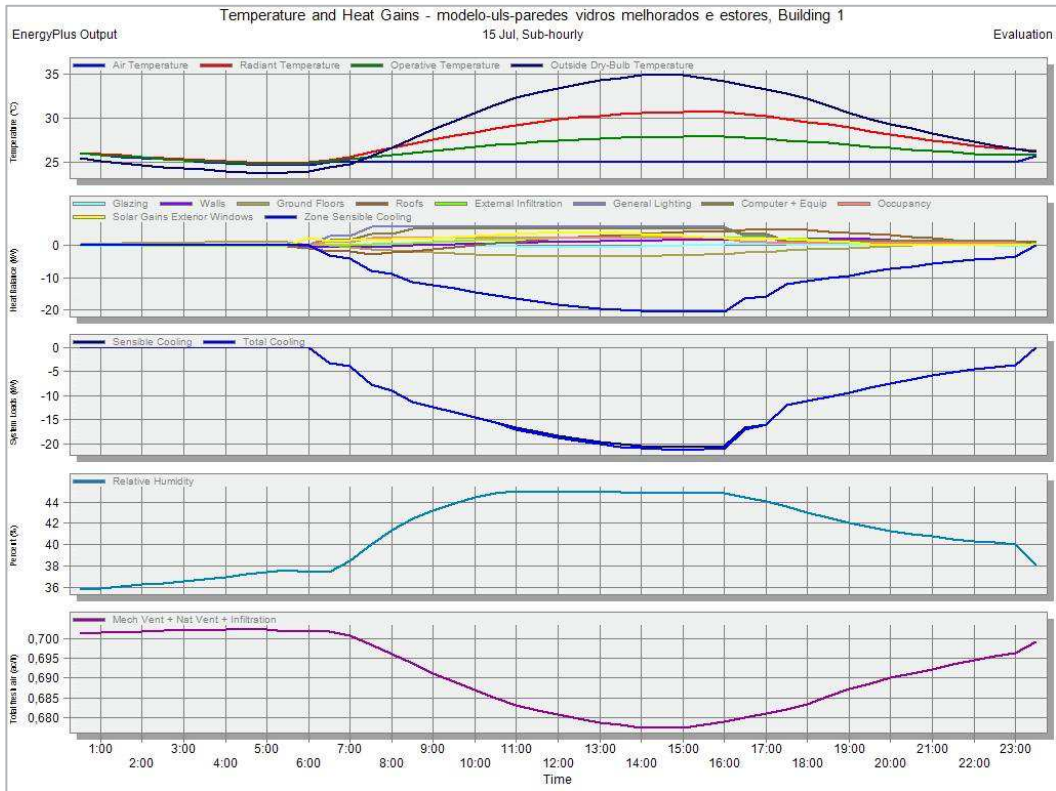


Figura An.I. 11 - Resultados de arrefecimento do cenário 5.

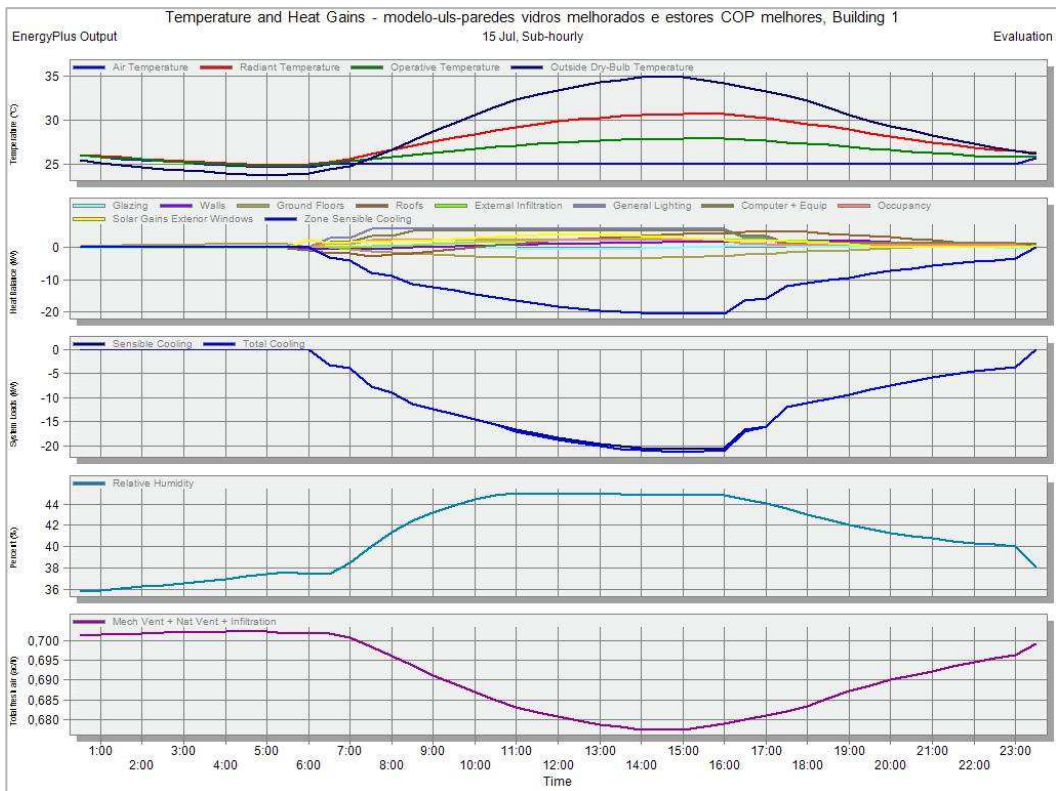


Figura An.I. 12 - Resultados de arrefecimento do cenário 6.

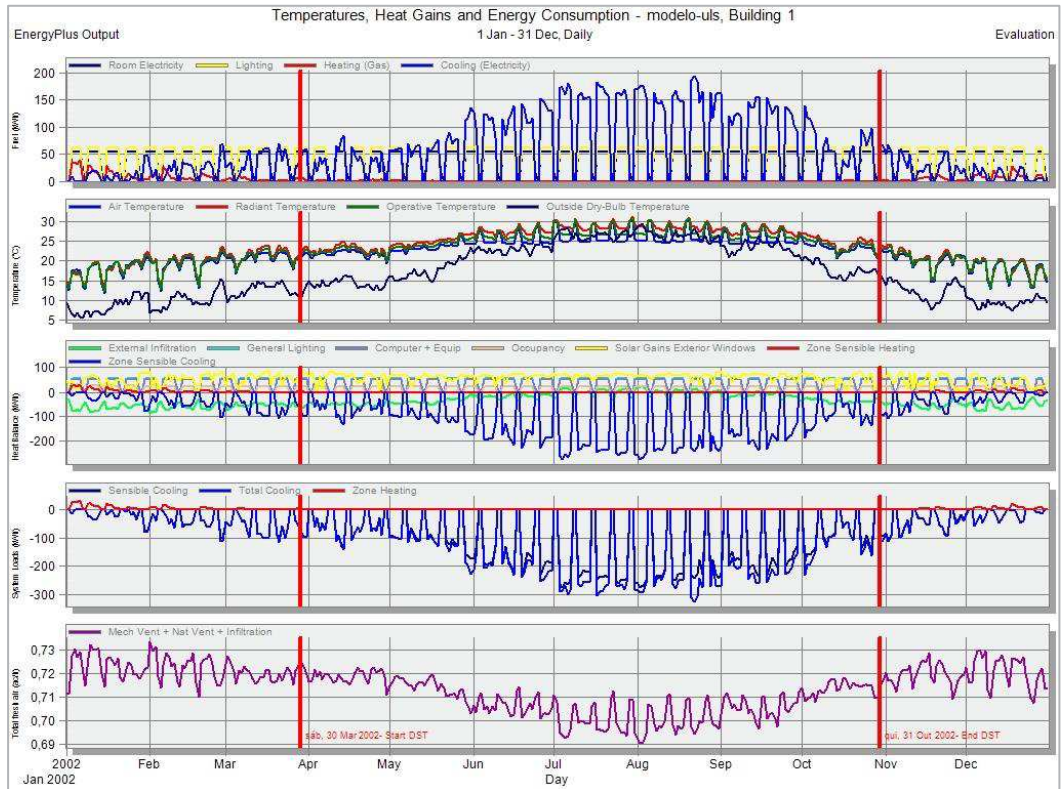


Figura An.I. 13 - Resultados da simulação do cenário 1 com todos os dados diários.

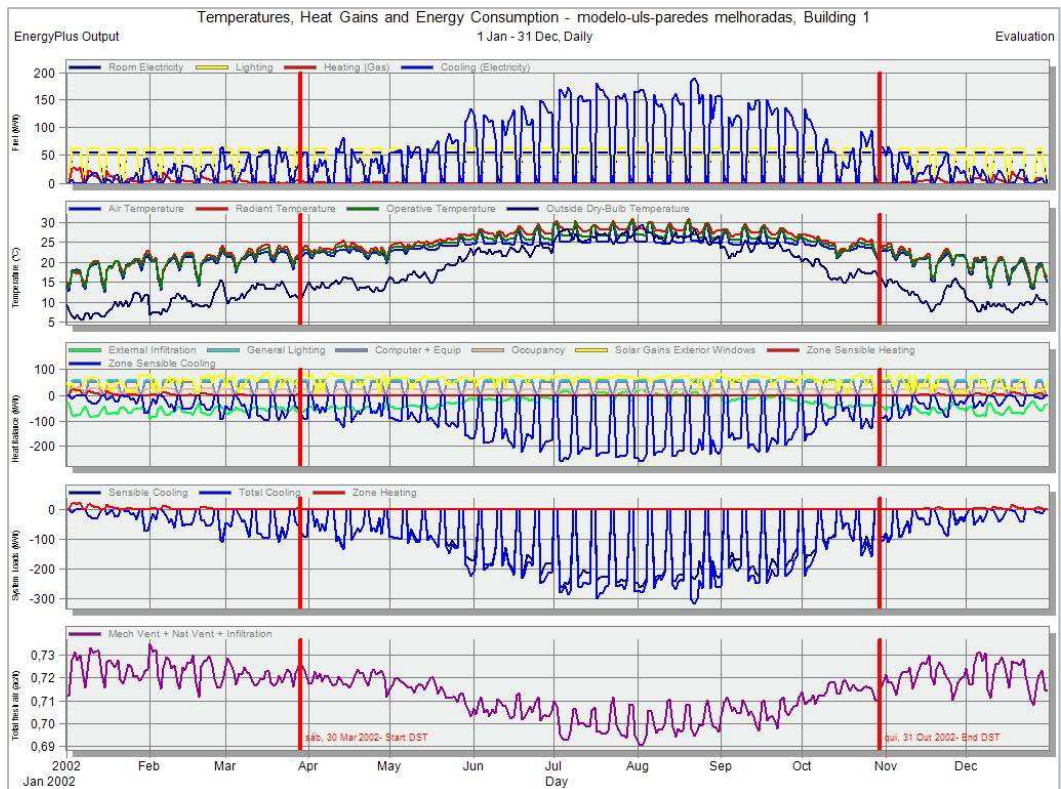


Figura An.I. 14 - Resultados da simulação do cenário 2 com todos os dados diários.

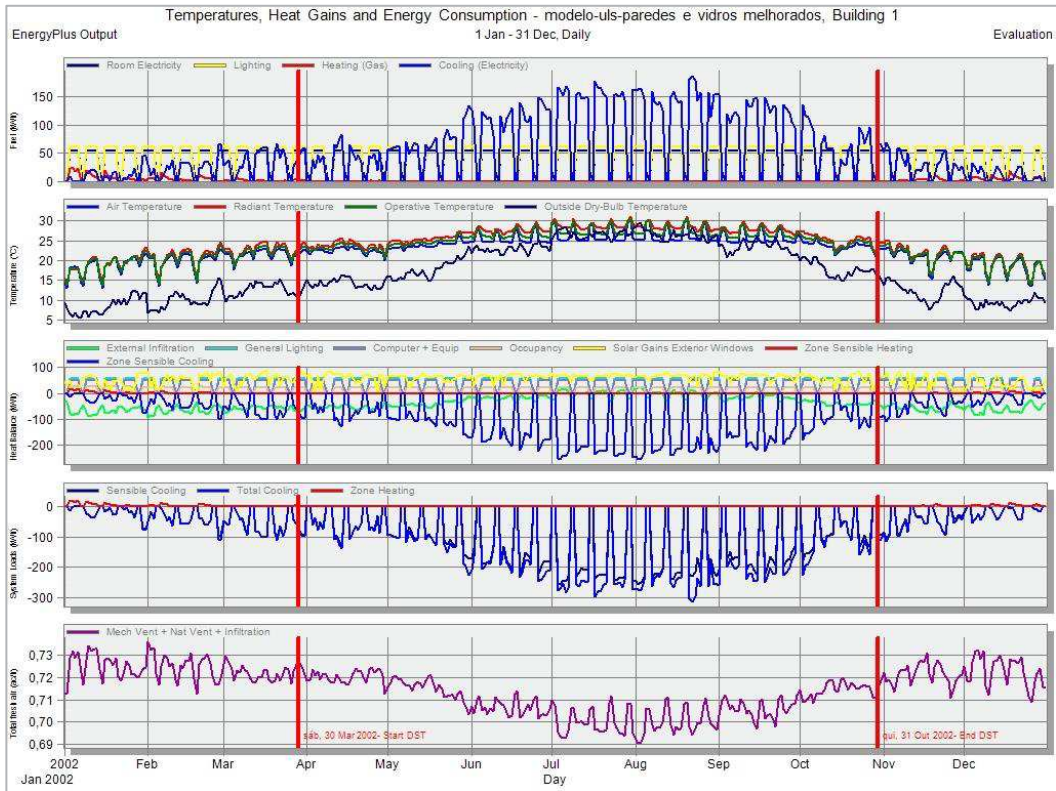


Figura An.I. 15 - Resultados da simulação do cenário 3 com todos os dados diários.

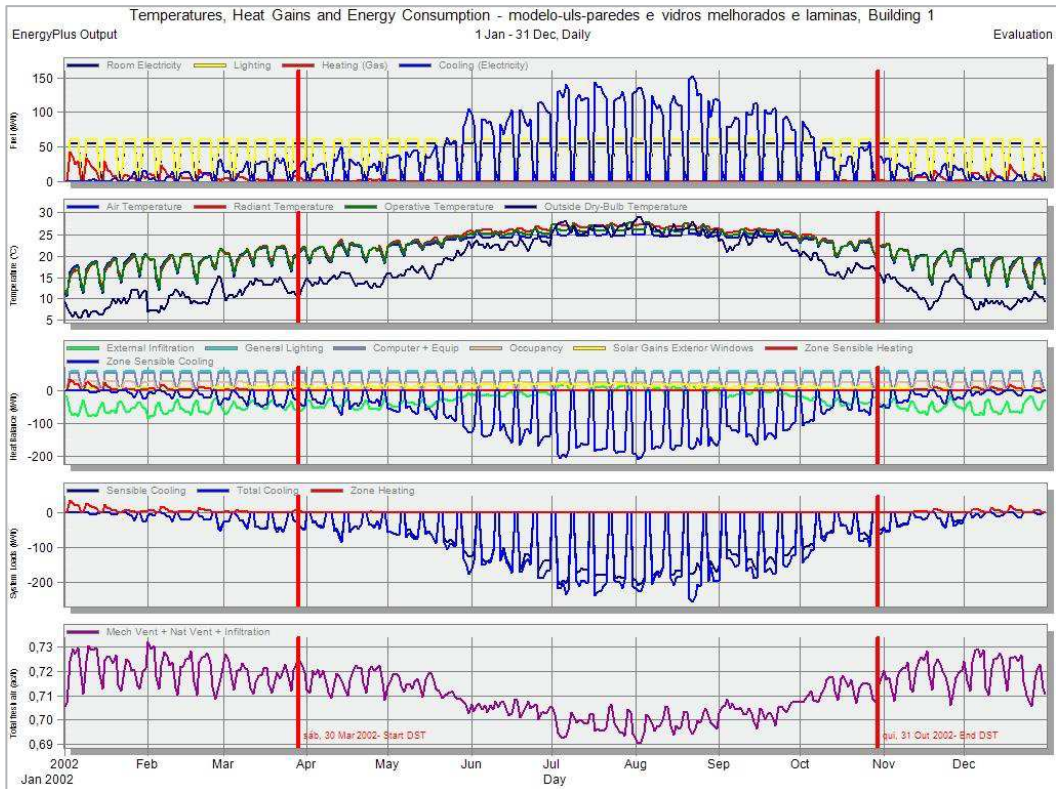


Figura An.I. 16 - Resultados da simulação do cenário 4 com todos os dados diários.

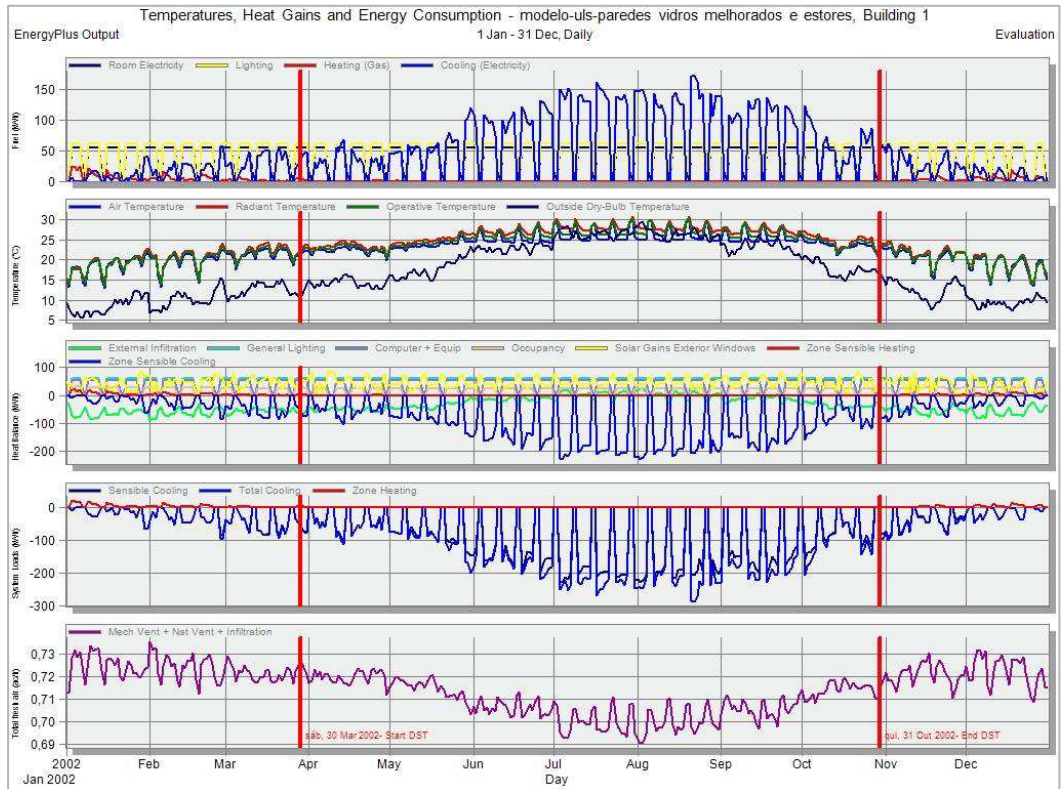


Figura An.I. 17 - Resultados da simulação do cenário 5 com todos os dados diários.

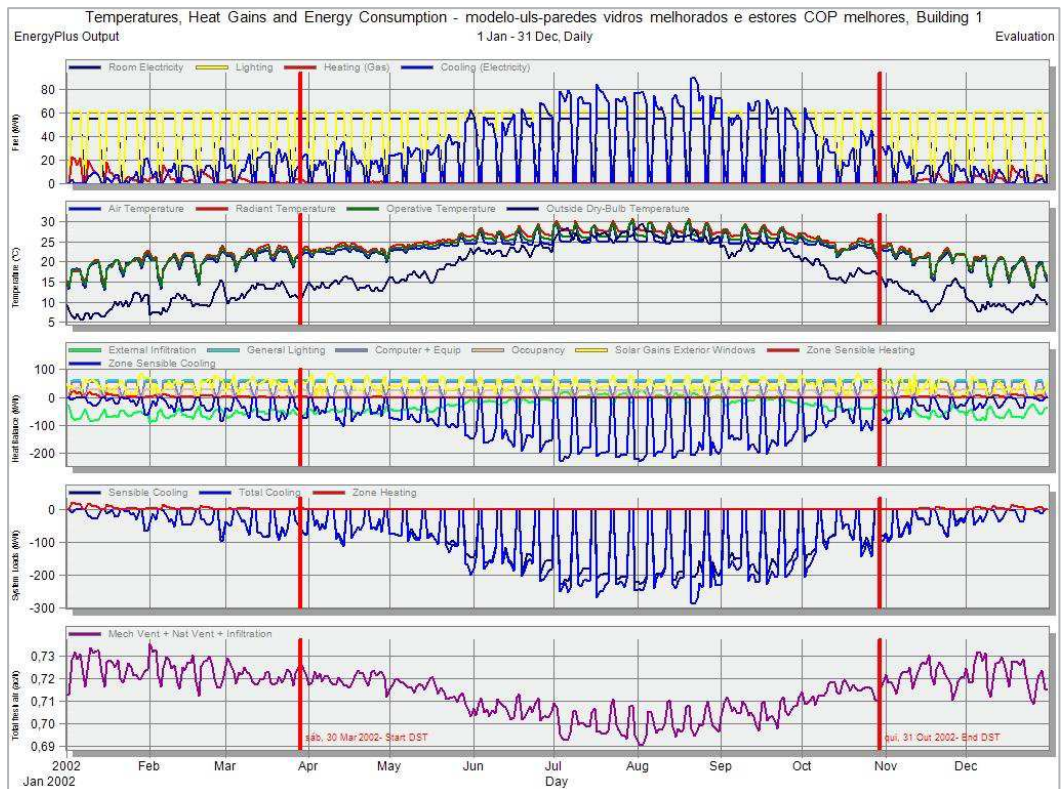


Figura An.I. 18 - Resultados da simulação do cenário 6 com todos os dados diários.

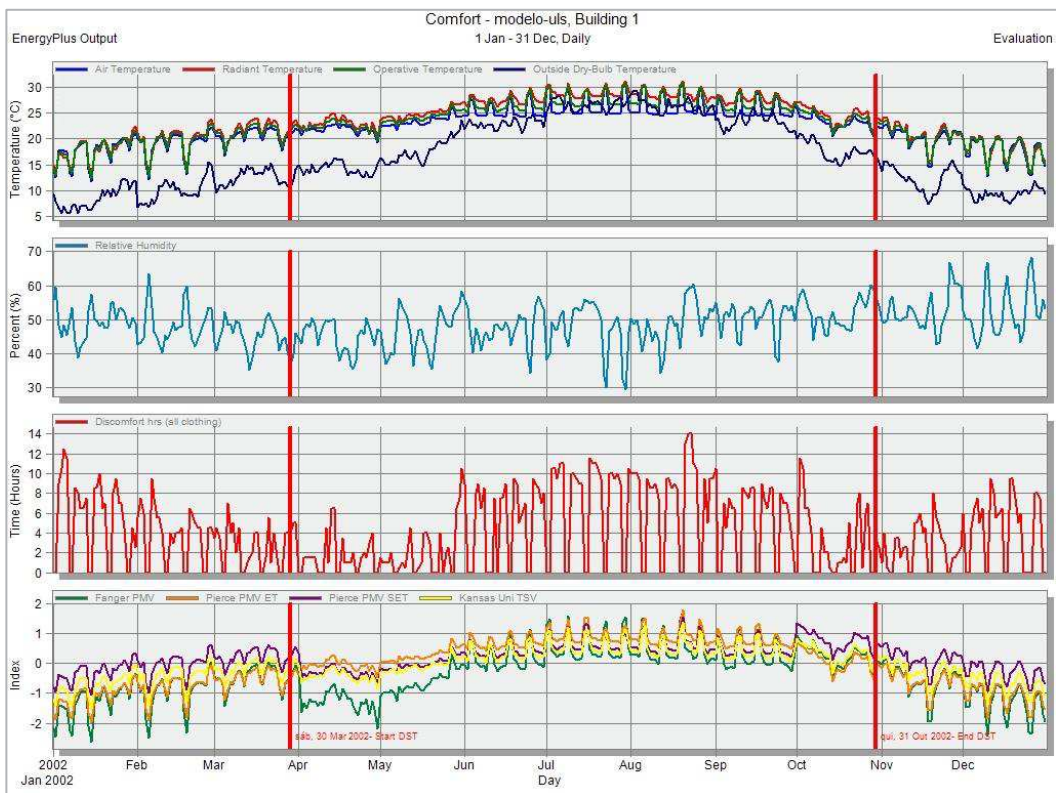


Figura An.I. 19 - Resultados da simulação do cenário 1 para conforto com dados diários.

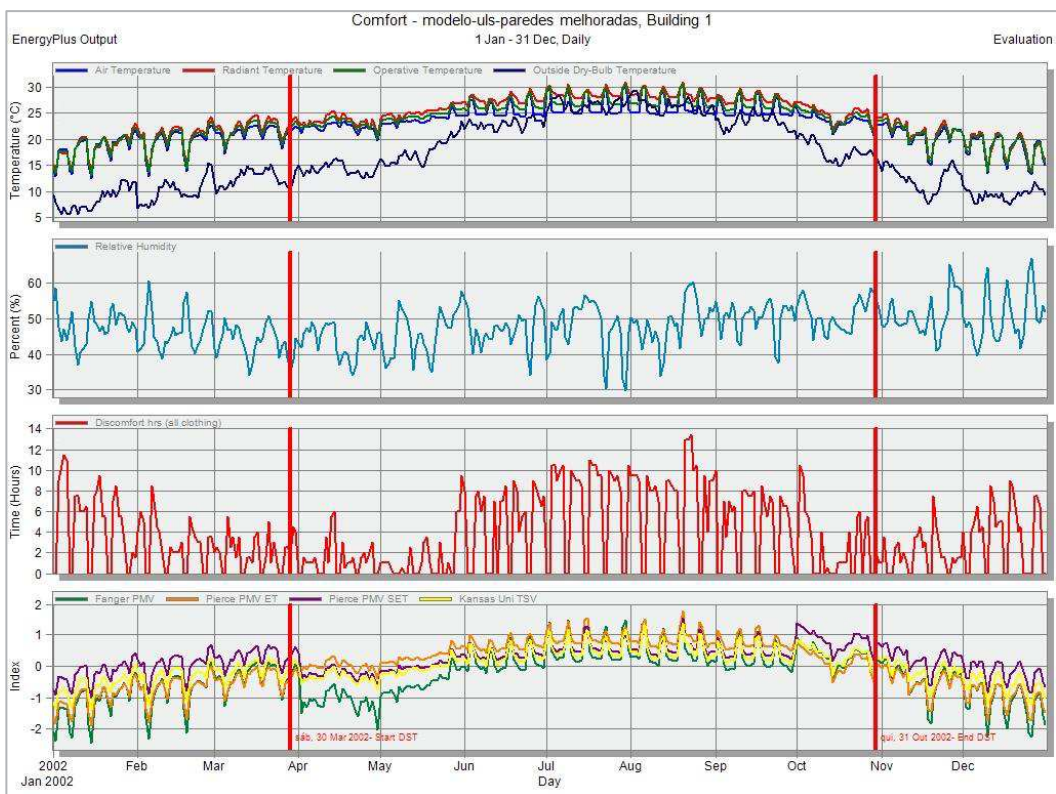


Figura An.I. 20 - Resultados da simulação do cenário 2 para conforto com dados diários.

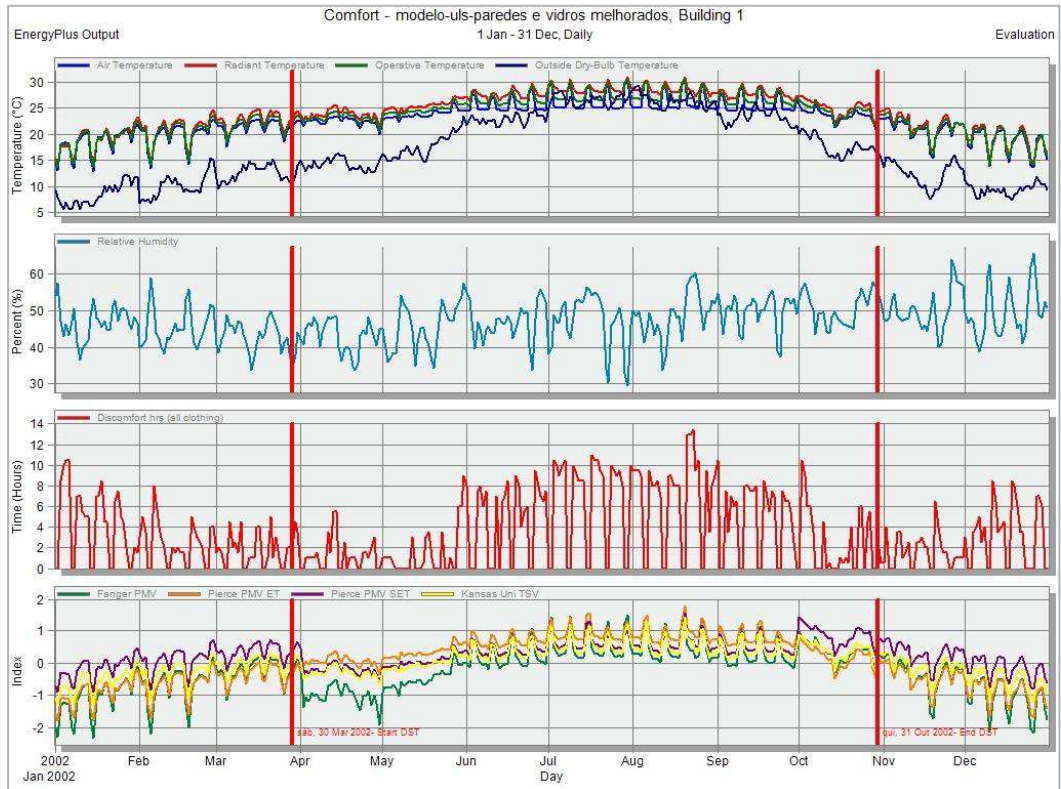


Figura An.I. 21 - Resultados da simulação do cenário 3 para conforto com dados diários.

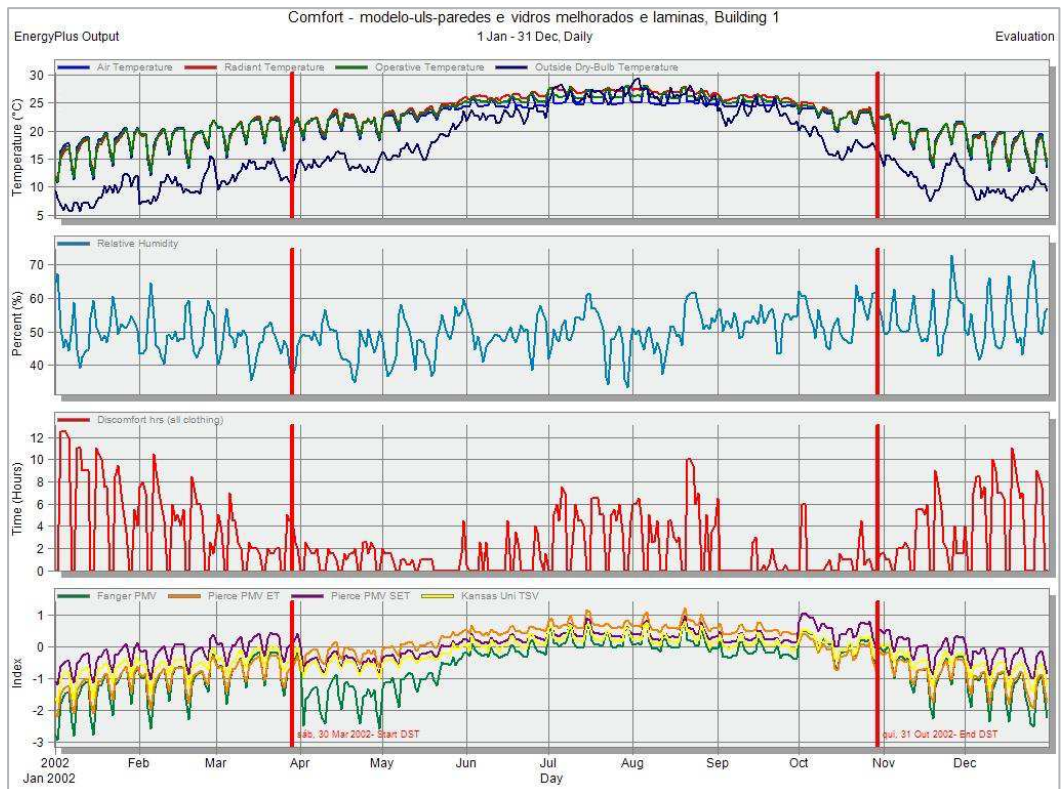


Figura An.I. 22 - Resultados da simulação do cenário 4 para conforto com dados diários.

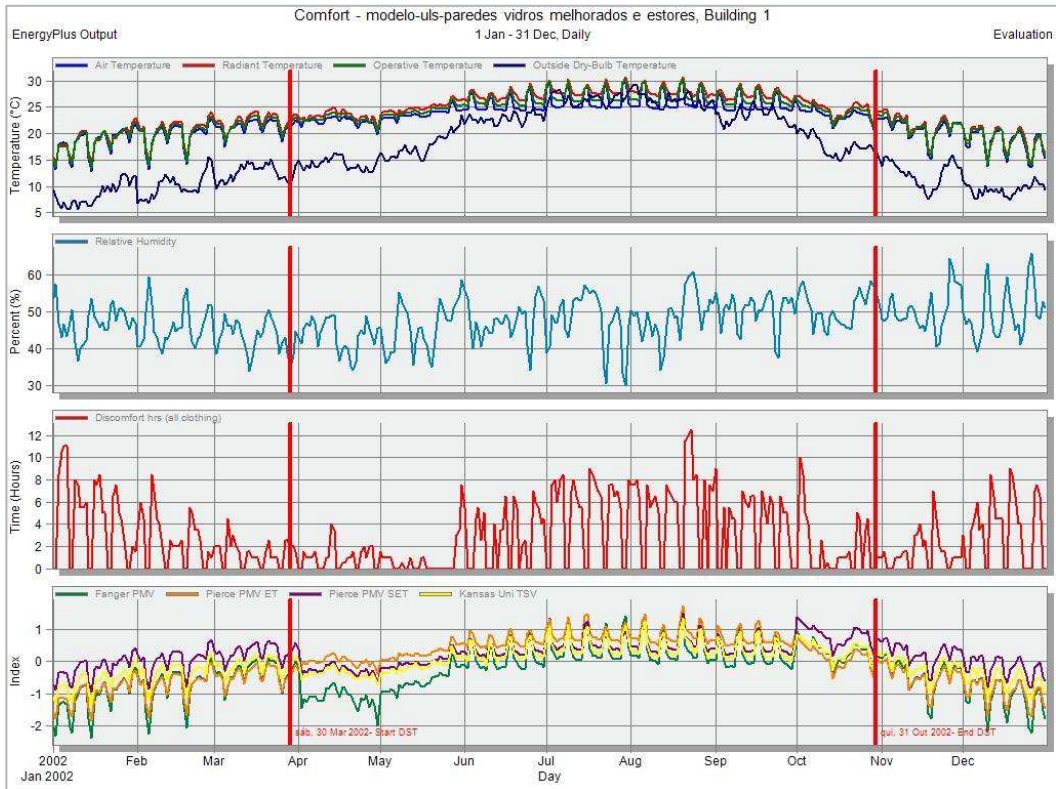


Figura An.I. 23 - Resultados da simulação do cenário 5 para conforto com dados diários.

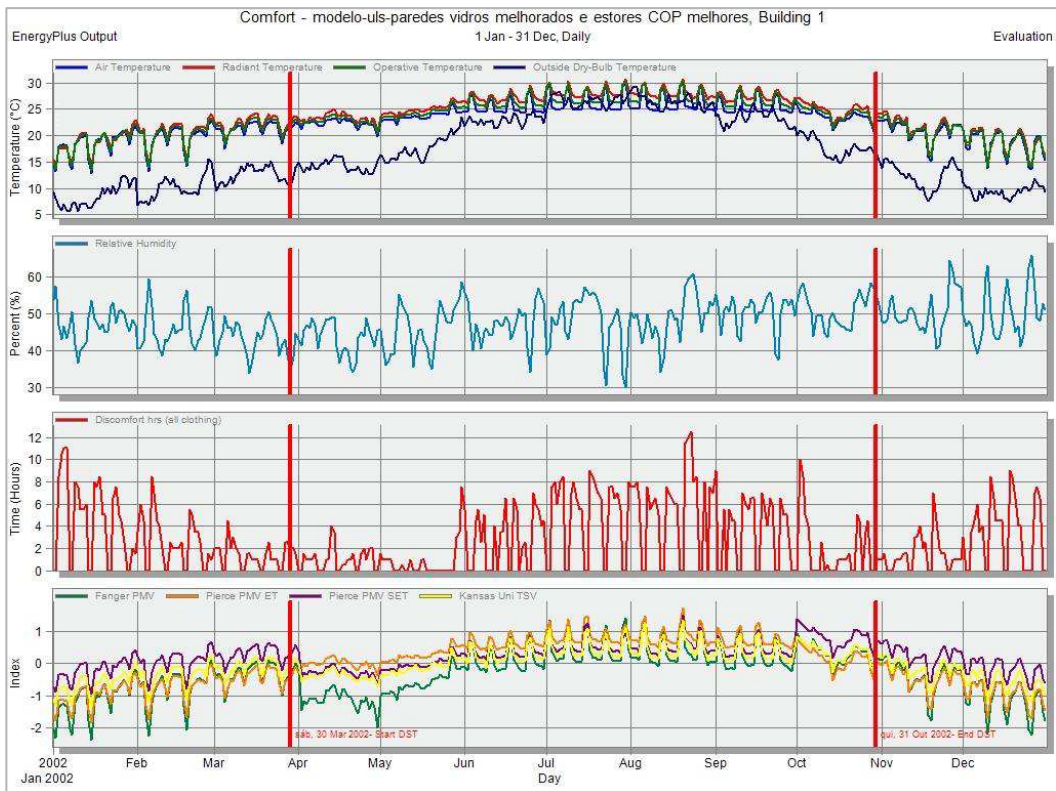


Figura An.I. 24 - Resultados da simulação do cenário 6 para conforto com dados diários.

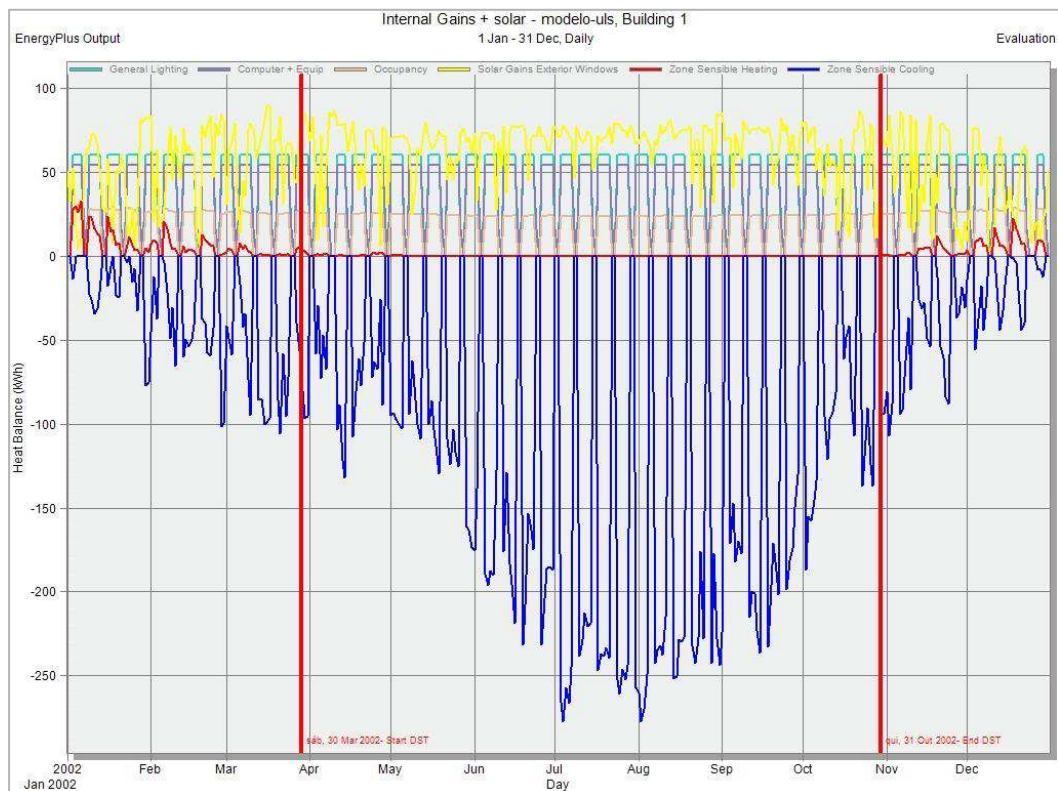


Figura An.I. 25 - Resultados da simulação do cenário 1 para ganhos internos com dados diários.

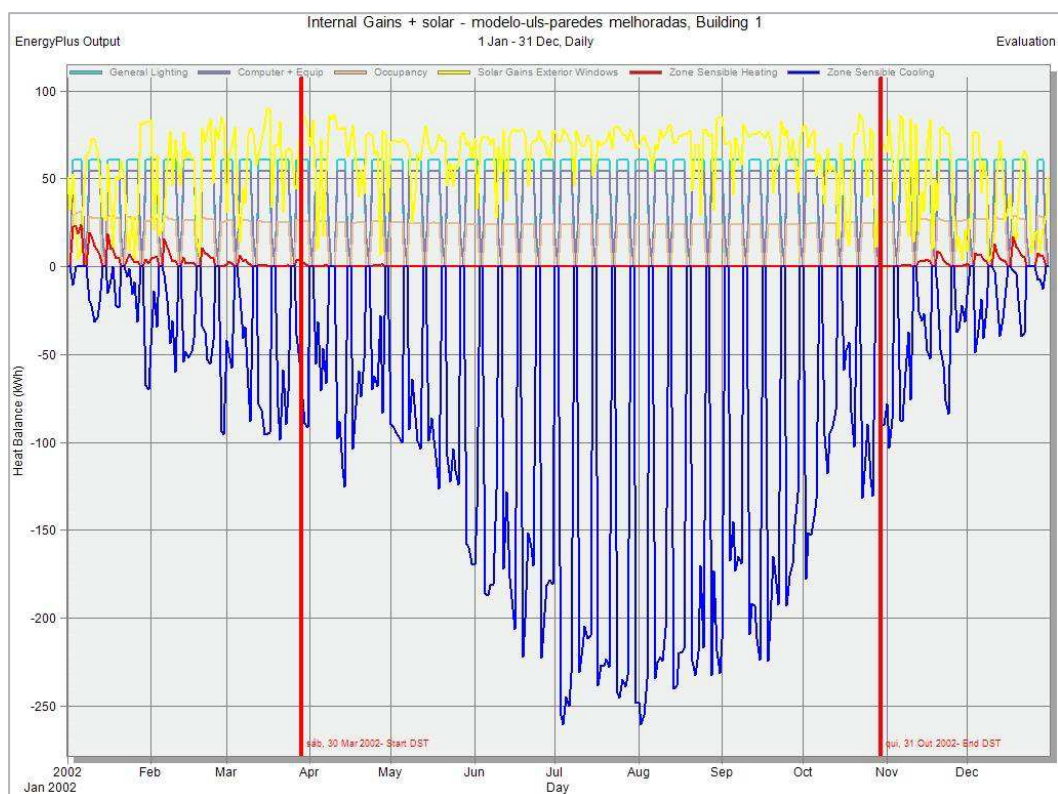


Figura An.I. 26 - Resultados da simulação do cenário 2 para ganhos internos com dados diários.

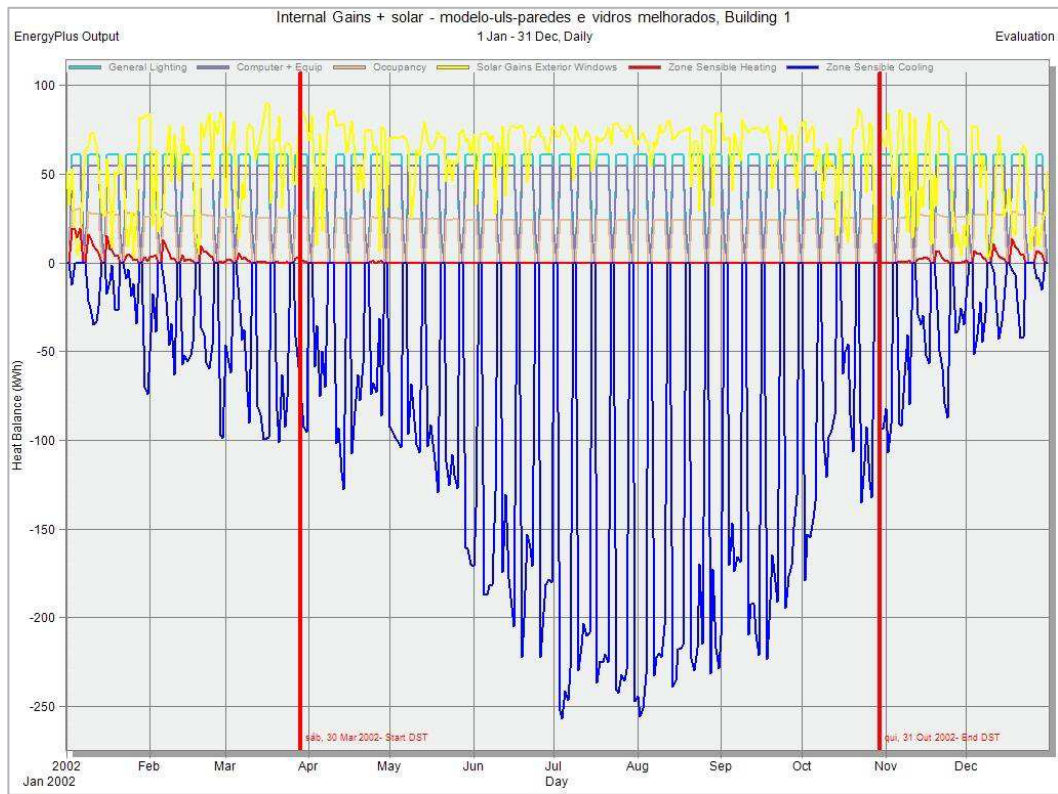


Figura An.I. 27 - Resultados da simulação do cenário 3 para ganhos internos com dados diários.

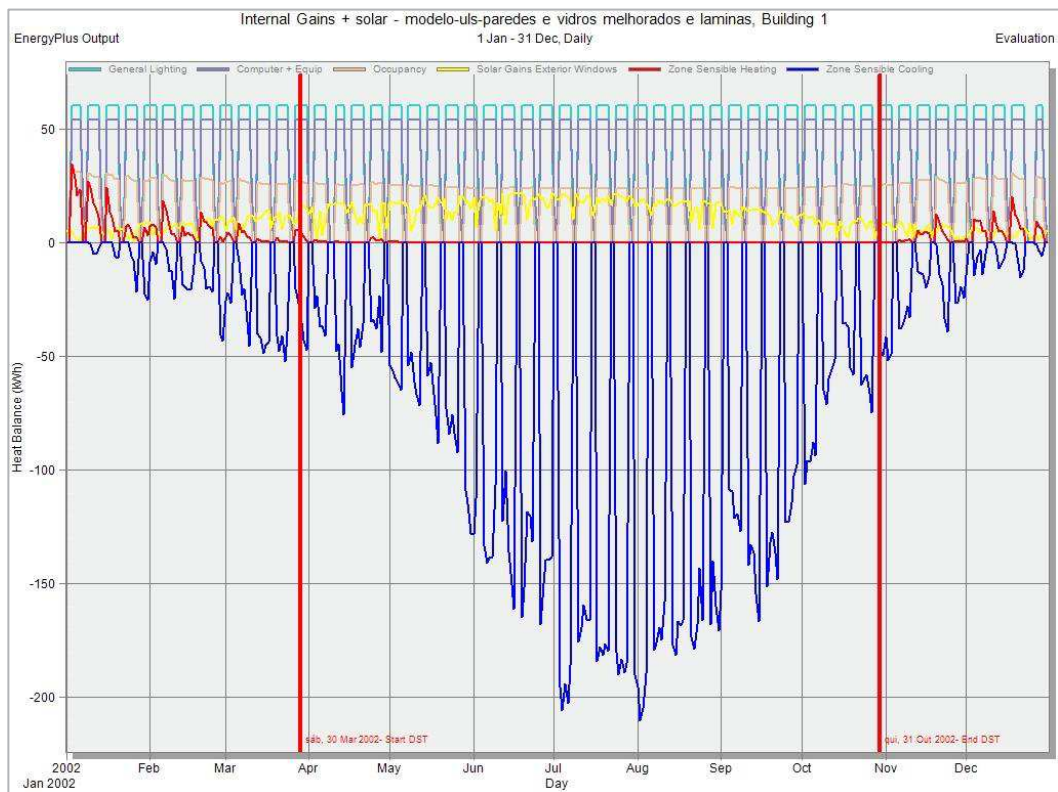


Figura An.I. 28 - Resultados da simulação do cenário 4 para ganhos internos com dados diários.

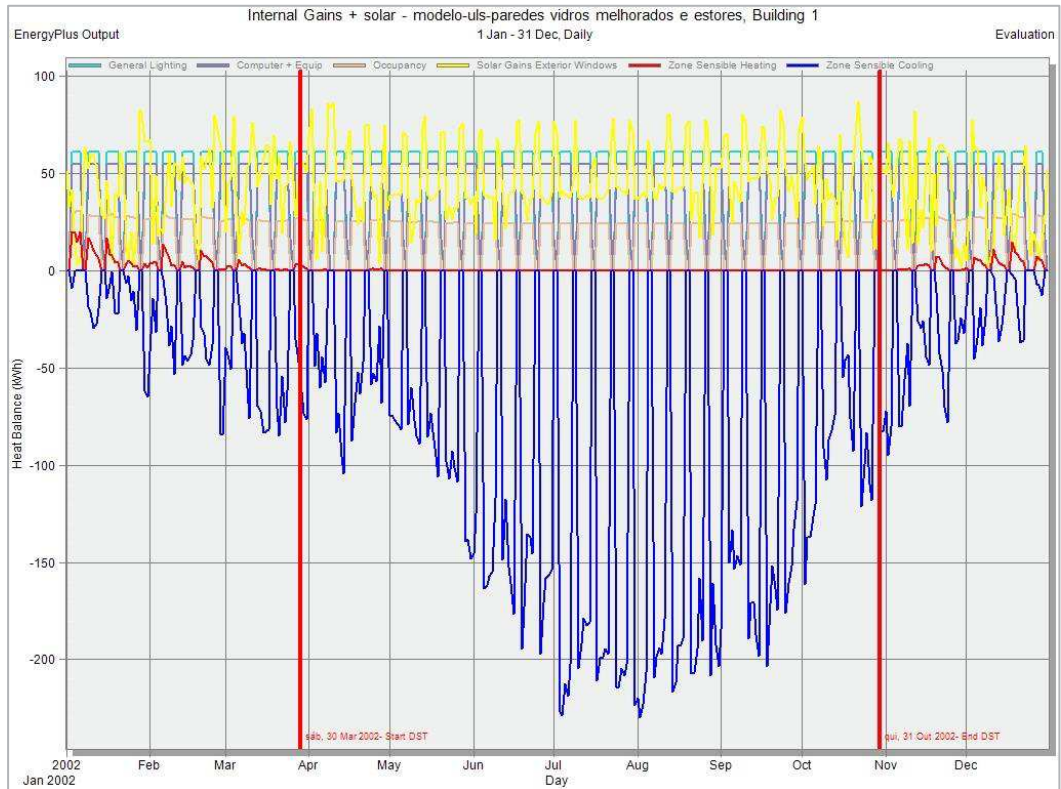


Figura An.I. 29 - Resultados da simulação do cenário 5 para ganhos internos com dados diários.

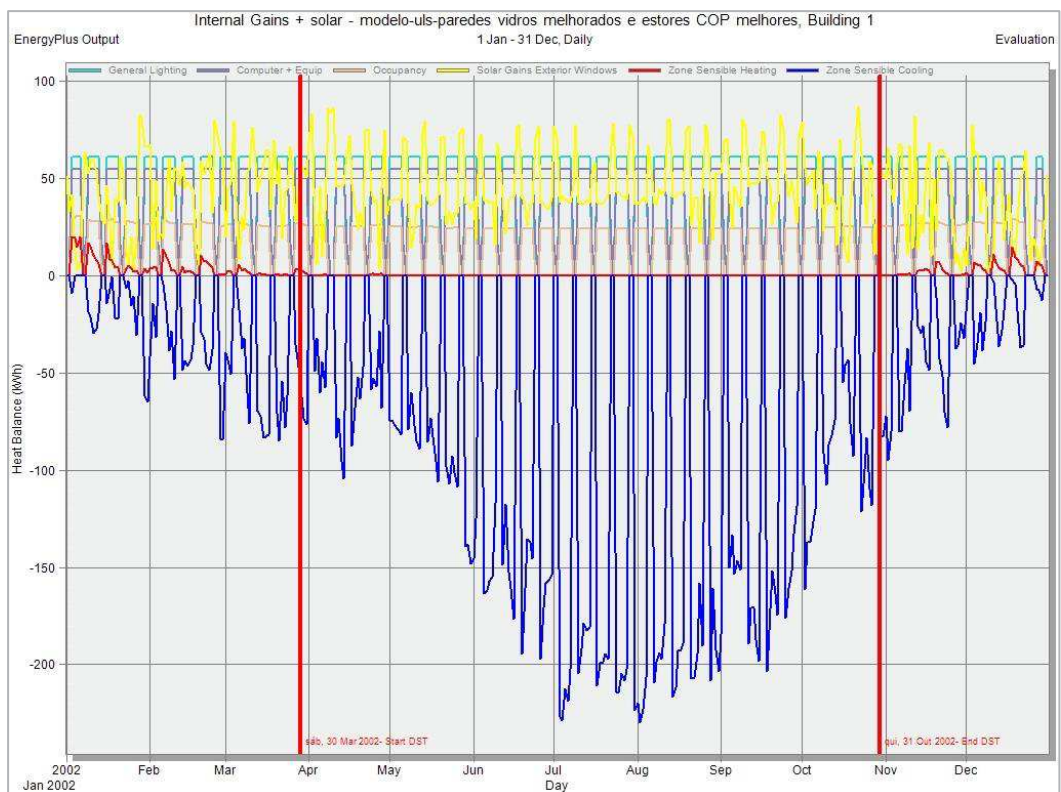


Figura An.I. 30 - Resultados da simulação do cenário 6 para ganhos internos com dados diários.

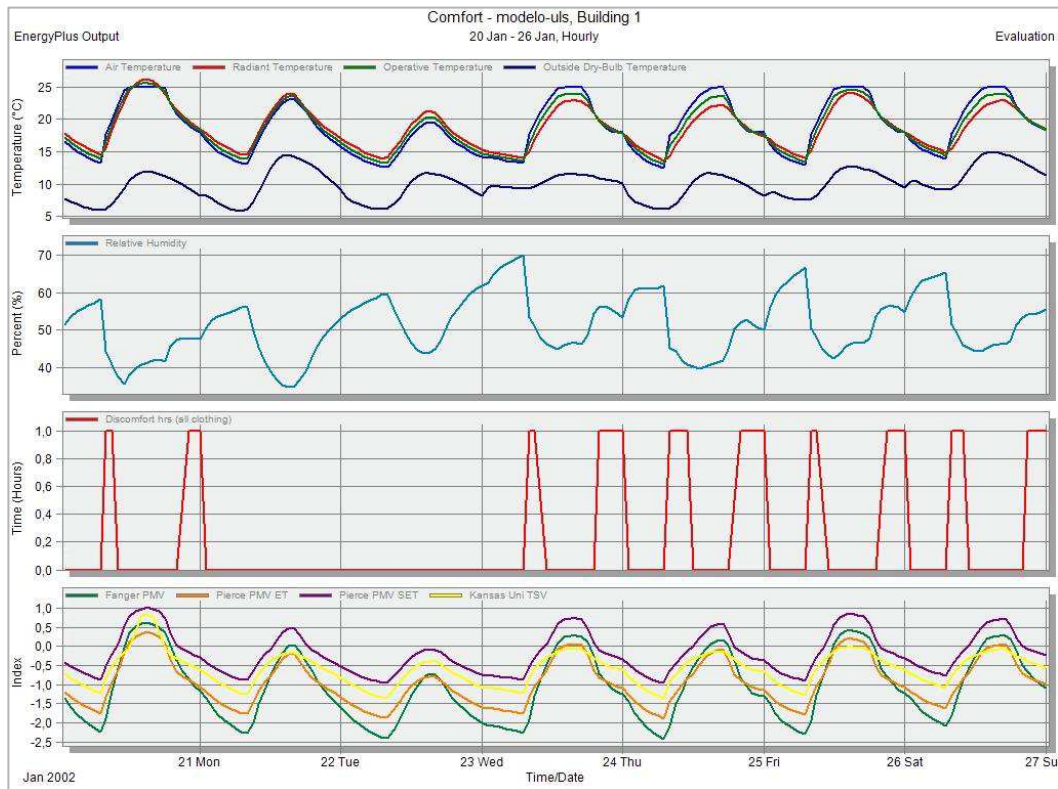


Figura An.I. 31 - Temperaturas e conforto no período típico de inverno para o cenário 1.

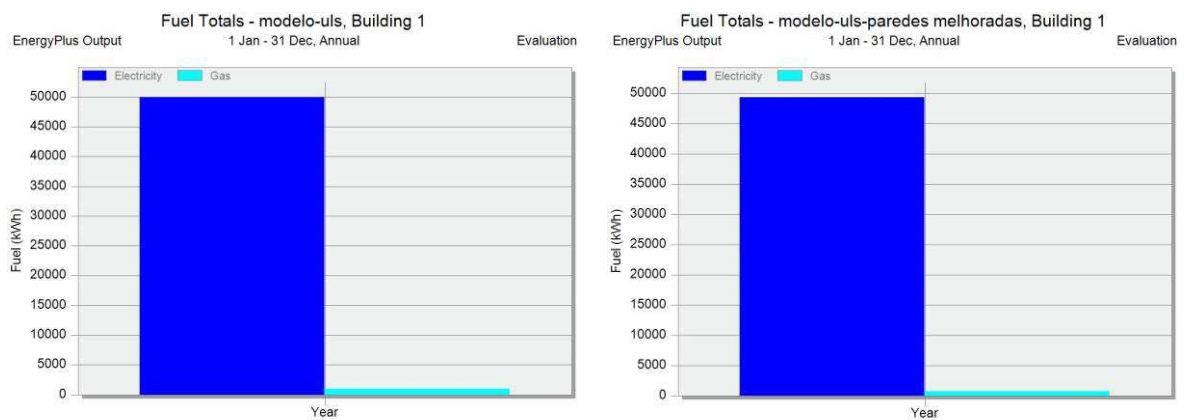


Figura An.I. 32 - Consumo anual de energias do cenário 1 à esquerda e do cenário 2 à direita.

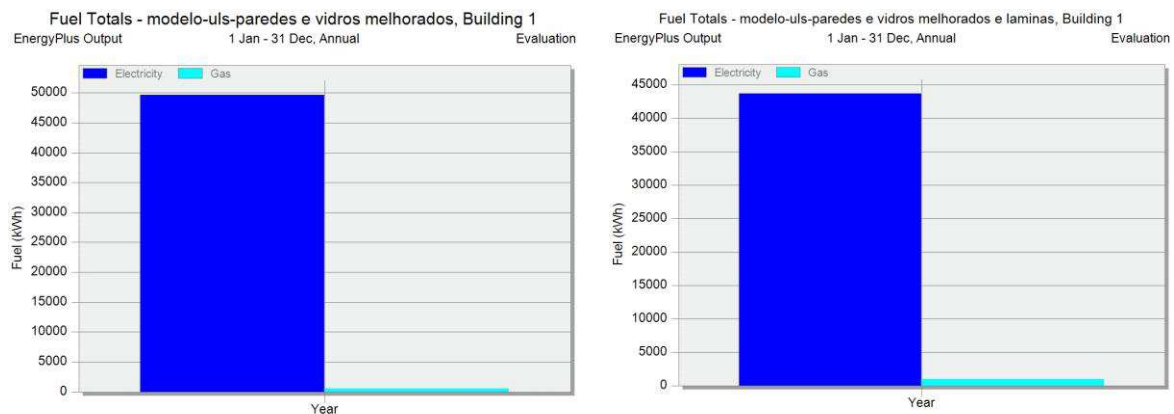


Figura An.I. 33 - Consumo anual de energias do cenário 3 à esquerda e do cenário 4 à direita.

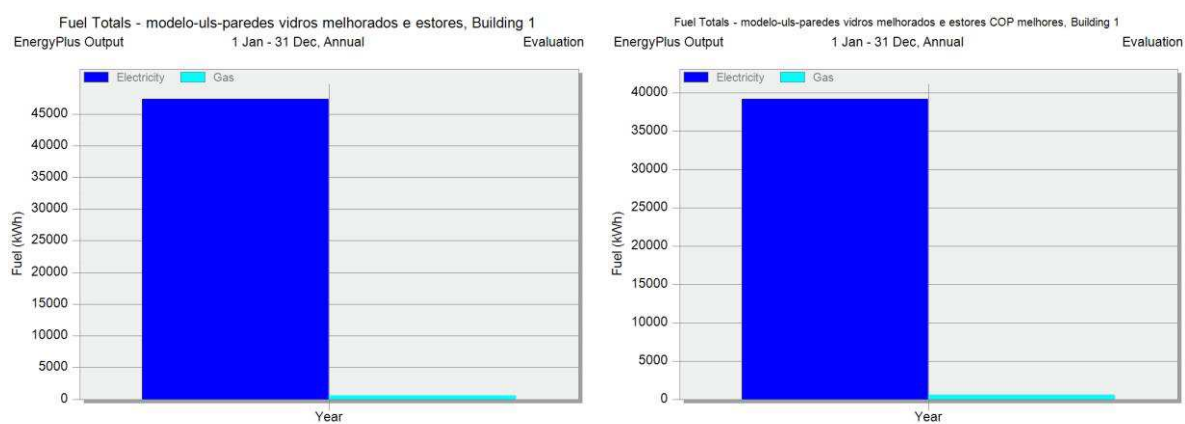


Figura An.I. 34 - Consumo anual de energias do cenário 5 à esquerda e do cenário 6 à direita.