



# **Integração de energias renováveis e apoio à certificação energética em edifícios de comércio e serviços**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Ana Filipa Correia Martins

Leiria, 22 de julho de 2023



# **Integração de energias renováveis e apoio à certificação energética em edifícios de comércio e serviços**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Ana Filipa Correia Martins

Estágio realizado sob a orientação do Professor Doutor Hermano Bernardo e sob supervisão do Engenheiro André Mota

Leiria, 22 de julho de 2023

# **Originalidade e Direitos de Autor**

O presente relatório de estágio é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado/a o/a Autor/a e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a/o mesma/o foi realizado, a saber, Curso de mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, no ano letivo 2022/2023 da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos (se aplicável).

# **Agradecimentos**

A realização do estágio e do respetivo relatório, marca uma importante fase da minha vida académica e pessoal, pelo que deixo os meus agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a sua concretização.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos orientadores, do Instituto Politécnico de Leira, ao Professor Doutor Hermano Bernardo, da entidade que me acolheu, ao Engenheiro André Mota, pelo apoio, disponibilidade prestada e conhecimentos transmitidos.

Quero também deixar um especial agradecimento à minha família e a todos os colegas de curso, pelo incentivo, paciência, motivação e grande apoio prestado ao longo do meu percurso académico.

# Resumo

O estágio curricular do curso de mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria foi realizado numa empresa sediada em Fátima, a CERTIGY e teve duração, de cerca de 6 meses. O estágio incidiu sobre a temática da certificação energética em edifícios.

O trabalho desenvolvido vem de encontro a esta temática, com o objetivo de adquirir e aplicar a metodologia de cálculo e avaliação do desempenho energético de um grande edifício de comércio e serviços. A avaliação do desempenho energético e a análise da viabilidade técnico-económica da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável foi suportada pela utilização de uma ferramenta de simulação dinâmica de edifícios, o *Design Builder*, tendo-se desenvolvido, validado e usado um modelo energético simplificado do edifício em estudo.

Este relatório apresenta um guia estruturado da metodologia de análise do desempenho energético de um grande edifício de comércio e serviços, assim como a aplicação prática a um caso de estudo. Esta metodologia permitiu perceber as etapas inerentes à avaliação energética de edifício de comércio e serviços, assim como toda a complexidade de um modelo de simulação dinâmica que representa energeticamente um edifício.

**Palavras-chave:** certificação energética em edifícios, grande edifício de comércio e serviços, energia renovável, simulação dinâmica de edifícios.

# Abstract

The curricular internship of the master's course in Energy and Environmental Engineering, at the Escolar Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, was carried out at a company based in Fátima, CERTIGY and lasted about 6 months. The internship focused on the issue of energy certification in buildings.

The developed work comes upon this issue, with the goal of acquiring and applying the methodology used to calculate the energy performance of a big building of trade and service. The evaluation of energy performance and the analysis of the technical-economic viability of integrating a renewable energy self-consumption system were supported by the use of a building dynamic simulation program, Design Builder, where it was developed, validated and used a simplified energy model of the building in study.

This report presents a structured guide of the analysis methodology of energy performance of a big building of trade and service, as well as a practical application of a casa study. This methodology allowed to understand the inherent steps of energy evaluation of service buildings, as well as the complexity in the development of a dynamic simulation model that would represent energetically a building.

**Keywords:** energy certification for buildings, big building of trade and service, renewable energy, dynamic simulation of buildings.

# Índice

<b>Originalidade e Direitos de Autor .....</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimentos.....</b>	<b>iv</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Siglas e Acrónimos .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Certificação energética de edifícios.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Caracterização da entidade de acolhimento .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Objetivos e trabalhos desenvolvidos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Estrutura do relatório de estágio .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Enquadramento metodológico .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Legislação aplicável .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Implantação do edifício e dados climáticos do local.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Levantamento dimensional e parâmetros térmicos.....</b>	<b>8</b>
<b>2.4. Definição do edifício de referência .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Determinação da classe energética do edifício .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6. Análise da viabilidade técnico-económica .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Análise de um caso de estudo.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Caracterização do edifício em análise.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1. Localização do edifício, ficheiro climático e orientação solar .....</b>	<b>18</b>

3.1.2.	Soluções construtivas .....	20
3.1.3.	Vãos envidraçados.....	23
3.1.4.	Sistemas de climatização e ventilação .....	24
3.1.5.	Sistema de produção de águas quentes sanitárias .....	25
3.1.6.	Sistema de iluminação.....	26
<b>3.2.</b>	<b>Caracterização do edifício de referência .....</b>	<b>26</b>
3.2.1.	Soluções construtivas .....	27
<b>3.3.</b>	<b>Modelação dinâmica .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.</b>	<b>Determinação da classe energética do edifício.....</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>Análise da viabilidade técnico-económica da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável .....</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>41</b>
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>42</b>
	<b>Anexos</b>	
	<b>Anexo I – Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício</b>	
	<b>Anexo II – Levantamento dos vãos envidraçados do edifício</b>	
	<b>Anexo III – Indicador de Eficiência Energética do tipo T (IEE<sub>T</sub>) do Edifício</b>	

# Lista de Figuras

Figura 1.1 - Localização da entidade de acolhimento.....	4
Figura 2.1 – Página do sistema de certificação energética. ....	7
Figura 3.1 – No lado direito, encontra-se representado o edifício em análise, utilizando o <i>DesignBuilder</i> . .....	16
Figura 3.2 - Plantas dos diferentes pisos existentes, no lar de Cascais. ....	17
Figura 3.3 - Localização geográfica do lar de Cascais. ....	18
Figura 3.4 - Ficheiro climático obtido mediante ferramenta do DGEG. ....	19
Figura 3.5 - Representação da incorporação do ficheiro climático no <i>DesignBuilder</i> .....	19
Figura 3.6 – Representação de um exemplo de inserção de uma solução construtiva no <i>DesignBuilder</i> .22	
Figura 3.7 - Demonstração de um tipo de vão existente no local e as respetivas características. ....	24
Figura 3.8 – Sistema de climatização e ventilação: unidades exteriores do tipo bomba de calor. ....	24
Figura 3.9 - Sistema de produção de AQS: bombas de calor (lado esquerdo) e depósitos de 500L (lado direito). ....	25
Figura 3.10 - Representação de algumas lâmpadas e luminárias do tipo LED existentes no edifício. ....	26
Figura 3.11 - Perfil de consumo de ocupação, segundo o Anexo VII do manual SCE.....	28
Figura 3.12 - Perfil de consumo de iluminação, segundo o Anexo VII do manual SCE. ....	28
Figura 3.13 - Perfil de consumo de equipamentos, segundo o Anexo VII do manual SCE.....	29
Figura 3.14 - Perfil variável da utilização de águas quentes sanitárias.....	29
Figura 3.15 – Gráfico resultante da simulação dinâmica do edifício, em condições reais. ....	30
Figura 3.16 - Gráfico resultante da simulação dinâmica do edifício, em condições de referência. ....	31
Figura 3.17 - Classificação energética final do edifício.....	34
Figura 3.18 - Indicadores de desempenho, calculados em condições padrão. ....	35
Figura 4.1 - Programa de cálculo SCE.ER. ....	38
Figura 4.2 - Relatório de simulação de um sistema solar fotovoltaico, obtido pelo SCE.ER. ....	38
Figura 4.3 - Classificação energética final do edifício. ....	40

# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Soluções de referência a considerar no modelo de referência.....	11
Tabela 2.2 - Intervalos de valor de $R_{IEE}$ para edifícios de comércio e serviços, adaptado do manual SCE. .....	13
Tabela 2.3 - Consumos de energia a considerar nos usos tipo S e tipo T, adaptado do manual SCE.....	14
Tabela 3.1 - Descrição sumária do edifício em análise. ....	16
Tabela 3.2 - Descrição das envolventes. ....	20
Tabela 3.3 - Levantamento das envolventes do edifício. ....	21
Tabela 3.4 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior, adaptada do manual SCE. ....	21
Tabela 3.5 - Tipos de vãos existentes no presente caso de estudo. ....	23
Tabela 3.6 - Representação de luminárias existentes no edifício. ....	26
Tabela 3.7 - Consumos globais para o edifício ( $IEE_T$ ) [kWh/ano].....	32
Tabela 3.8 - Consumos globais para o edifício ( $IEE_{PR,S}$ ).....	33
Tabela 3.9 - Consumos globais para o edifício de referência ( $IEE_{S-ref}$ ).....	33
Tabela 3.10 - Consumos globais para o edifício [ $kWh_{EP}/ano$ ]. ....	34
Tabela 4.1 - Resultados obtidos do desempenho do sistema fotovoltaico.....	39
Tabela 4.2 - Consumos globais para o edifício [ $kWh_{EP}/ano$ ]. ....	39

# Lista de Siglas e Acrónimos

AQS	Águas Quente Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CE	Comissão Europeia
COP	Coefficiente de desempenho (Coefficient of Performance)
DEE	Desempenho Energético dos Edifícios
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EER	Índice de Eficiência de Energia (Energy Efficiency Ratio)
$F_{pu}$	Fator de conversão entre energia final e energia primária
$F_s$	Fator de obstrução solar
g	Fator solar
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GES	Grande edifício de comércio e serviços
GES	Grande Edifício de Comércio e Serviços
IEE	Indicador de Eficiência Energética
$IEE_{pr,ren}$	Indicador de eficiência energética previsto renovável
$IEE_{pr,S}$	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S
$IEE_{ref,S}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S
NUTS	Nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos
PRS	Período de Retorno Simples
PTL	Pontes Térmicas Lineares
PTP	Pontes Térmicas Planas
PVC	Policloreto de vinilo
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
$R_{IEE}$	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços
RQSECE	Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética dos edifícios
SCOP	Coefficiente de desempenho sazonal (Seasonal Coefficient of Performance)
SDM	Simulação Dinâmica Multizona
U	Coefficiente de transmissão térmica
UE	União Europeia



# 1. Introdução

No âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio, do mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, a escolha recaiu sobre a realização de um estágio curricular em ambiente empresarial, que teve uma duração de 6 meses, com início a 19 de setembro de 2022 e fim a 31 de março de 2023. O estágio incidiu sobre a temática da certificação energética em edifícios.

## 1.1. Certificação energética de edifícios

A construção de edifícios, até 1990, não fazia cumprir qualquer verificação regulamentar a respeito de elementos da envolvente opaca (coberturas, paredes, pavimentos), de elementos translúcidos (janelas, claraboias), bem como de equipamentos para produção de águas quentes sanitárias e para climatização do espaço interior, nem qualquer tipo de ventilação. Estes elementos começam a ter alguma importância aquando da aplicação do Decreto-Lei nº 40/1990, que entrou em vigor apenas no ano 1991 e teve como objeto melhorar a qualidade térmica da envolvente mediante intervenção na conceção de projeto e na construção dos edifícios, constituindo um passo significativo na melhoria das condições de conforto térmico nos mesmos.

Em 1992, foi publicado o Decreto-Lei nº 156/92, de 29 de julho, que aprova o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE), que previa estabelecer regras a serem consideradas no dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização, visando assegurar as condições de conforto térmico e de qualidade do ar interior de forma eficiente e salvaguardando energeticamente o respeito pelo meio ambiente, contudo este regulamento nunca foi aplicado, dando origem, mais tarde, ao Decreto-Lei nº 118/98 de 7 de maio – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

É com a publicação da Comissão Europeia (CE) da Diretiva 2002/91/CE, que o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) começa a evoluir até ao estado que se encontra aos dias de hoje.

A Diretiva Comunitária 2002/91/CE, ao ser transposta para a legislação nacional dá origem aos Decreto-Lei nº 78/2006, Decreto-Lei nº 79/2006 e Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril.

O Decreto-Lei nº 78/2006 assegura a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.

O Decreto-Lei nº 79/2006 aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

O Decreto-Lei nº 80/2006 aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que revoga o Decreto-Lei nº 40/1990.

Em 2010, a Diretiva 2002/91/CE foi reformulada, dando origem à Diretiva 2010/31/UE de 19 de maio. Onde foi promovida a melhoria do desempenho energético dos edifícios na União Europeia, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como exigências em matérias de clima interior e de rentabilidade. Face a esta republicação, foi de novo necessário realizar a sua transposição para o direito nacional. Nesse propósito, as três peças legislativas publicadas em 2006 foram revistas, atualizadas e agregadas num único Decreto-Lei, Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, que visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do 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).

Em 2021, o Decreto-Lei nº 118/2013 e as suas Portarias e Despachos foram revistos e atualizados, dando origem ao Decreto-Lei nº 101-D/2020, que estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o sistema de certificação energética de edifícios, transpondo a Diretivo (EU) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (EU) 2019/944. Este Decreto-Lei, é composto por 6 Despachos e 4 Portarias, tendo especial atenção ao Despacho nº 6476-H/2021, que aprova o manual de certificação energética dos edifícios e à Portaria nº 138-I/2021 que regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas.

## **1.2. Caracterização da entidade de acolhimento**

A CERTIGY é uma empresa portuguesa com sede em Fátima, que se dedica à prestação de serviços de engenharia e arquitetura, nos quais se inclui a vertente energética por via de auditorias, gestão e monitorização e, processos de certificação energética (Figura 1.1). As suas áreas de especialização são o Acompanhamento e Verificação da Manutenção, Auditorias Energéticas, Certificação Energética, Gestão de Energia e Projetos de Especialidades.

O propósito da entidade – “A nossa audiência são pessoas ambiciosas e criativas. Com a nossa experiência e dinamismo queremos dar vida aos projetos que idealizam. Queremos que se sintam acompanhados e confiantes pois acreditamos que é essencial para se focarem no sucesso do seu negócio.”

Visão – onde querem chegar - “Queremos ser reconhecidos pela nossa experiência, dinamismo e pela proximidade que temos com os nossos clientes. Aspiramos a contribuir para uma experiência mais eficiente e sustentável no nosso sector.”

Missão – o compromisso – garantir a exequibilidade e sustentabilidade dos projetos com rigor e dinamismo. “Comprometemo-nos a compreender as necessidades dos nossos clientes para lhes dar toda a informação e orientação necessárias para que possam dar vida aos projetos idealizados.”



Figura 1.1 - Localização da entidade de acolhimento.

### 1.3. Objetivos e trabalhos desenvolvidos

O trabalho desenvolvido teve como objetivos gerais, o de adquirir e aplicar a metodologia de cálculo, avaliar o desempenho energético de um grande edifício de comércio e serviços e, avaliar técnica e economicamente o impacto da implementação de um sistema de autoconsumo de energia renovável.

Um dos objetivos principais do trabalho incidiu na determinação dos indicadores de eficiência energética (IEE) para o cálculo do rácio da classe energética e, conseqüente obtenção da classe energética do edifício em análise.

No decorrer do estágio, houve a possibilidade de contactar com diversos projetos, tais como, lares de idosos, o centro de saúde de Pombal, diferentes centros escolares, escolas básicas e secundárias, complexos desportivos, a Piscina de Figueira Castelo Rodrigues, o Hotel do Estoril, a Unidade de Saúde Familiar da Bela Vista, o restaurante Fornos e o jardim de

infância de Ponte de Sôr. De entre estes projetos, foi escolhido um, o Lar de Cascais, que será o caso de estudo apresentado neste relatório.

#### **1.4. Estrutura do relatório de estágio**

Para o desenvolvimento do presente relatório de estágio, optou-se por dividir o trabalho em cinco capítulos. No primeiro capítulo, definiu-se o enquadramento geral do tema em estudo, bem como, os objetivos do estágio curricular e a caracterização da entidade de acolhimento ao estágio curricular.

No segundo capítulo, descreveu-se a metodologia utilizada no presente caso de estudo.

No terceiro capítulo foi feita a análise energética, que é composta por: caracterização do edifício de estudo, caracterização do edifício de referência, modelação dinâmica e determinação da classe energética.

No quarto capítulo, apresentou-se a análise da viabilidade técnico-económica da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável. Onde se avaliou o impacto das alterações correspondentes no modelo de simulação na redução dos consumos energéticos e, posteriormente, fez-se a análise económica e o estudo de viabilidade da medida a implementar.

Por último, no quinto capítulo apresentaram-se as considerações finais do trabalho realizado.

## 2. Enquadramento metodológico

Para se avaliar o desempenho energético de um edifício de serviço existente, nomeadamente Grande Edifício de Comércio e Serviços (GES), é necessário desenvolver várias etapas com a determinação de diversos elementos. Inicialmente, devem ser solicitados ao proprietário alguns elementos, tais como: telas finais do projeto de arquitetura, bem como das outras especialidades (iluminação, AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado), etc.), as fichas técnicas e os relatórios de manutenção dos equipamentos instalados, cópia da Caderneta Predial Urbana, cópia da Certidão de Registo da Conservatória, faturas dos consumos energéticos do último ano decorrente e elementos de identificação do proprietário. Muitas vezes existe escassez deste tipo de documentação, mas mesmo possuindo estes elementos é necessária uma visita ao edifício, onde se devem levantar/verificar todos os elementos. Posteriormente, desenvolvem-se dois modelos de simulação dinâmica multizona, um que represente os consumos previstos do edifício (determinação do  $IEE_{pr}$ ), e outro que considere as soluções de referência, enunciadas na Tabela 102 do Manual SCE (determinação do  $IEE_{ref}$ ).

A simulação dinâmica multizona (SDM) tem as seguintes capacidades: ser acreditado pela norma ASHRAE 140; permite modelar mais do que uma zona térmica; modelar num incremento de tempo horário, ou período inferior, para o período de um ano civil (totalizando 8760 horas); modelar a variação das cargas internas (ocupação, iluminação e equipamentos); ajuste dos termóstatos das zonas térmicas e operação dos sistemas de climatização para dias de semana e fins-de-semana; modelar recuperação de calor do ar de rejeição; e, considerar o efeito da massa térmica do edifício.

Nas seguintes secções são apresentadas as etapas necessárias para o desenvolvimento de um modelo de simulação dinâmica multizona para um edifício de comércio e serviços existente. O programa de simulação de apoio ao desenvolvimento do caso de estudo é o *DesignBuilder*, versão 4.7.0.027 – EnergyPlus 8.1.

### 2.1. Legislação aplicável

Atualmente, a legislação aplicável encontra-se na página do sistema de certificação energética dos edifícios, em <https://www.sce.pt/legislacao/> (Figura 2.1).

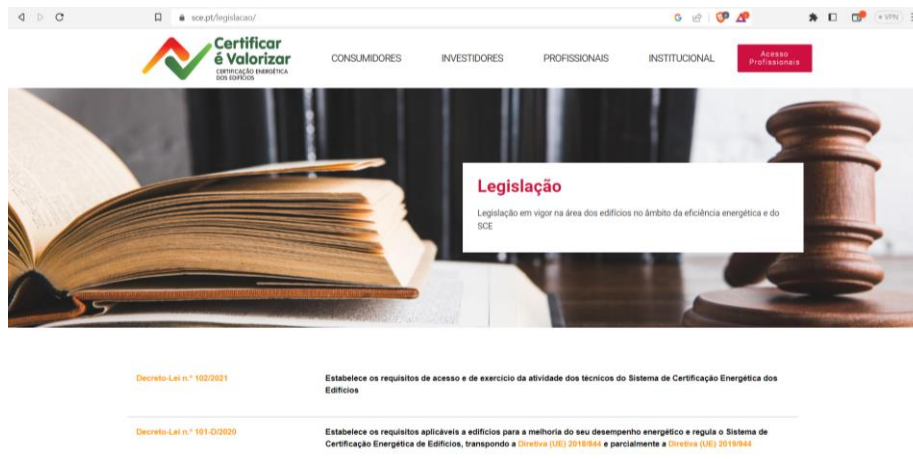


Figura 2.1 – Página do sistema de certificação energética.

Os edifícios assumem cerca de 40% do consumo energético da Europa, com tendência a aumentar (DGEG, 2023a). Deste modo, a Comissão Europeia (CE) propõe em 2001, uma Diretiva Europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios, aprovada a 16 de dezembro de 2002 (2002/91/CE), sendo os seus objetivos claros: aumentar a eficiência energética nos edifícios, diminuir a emissão de gases de efeito de estufa (GEE) e a dependência da UE relativamente ao mercado global de energia. Esta Diretiva foi reformulada a 19 de maio de 2010 (2010/31/EU).

No âmbito destas diretivas (2002/91/CE e 2010/31/EU), é estabelecido o enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios, bem como, dos edifícios existentes que sejam sujeitos a grandes obras de renovação.

A transposição parcial destas diretivas europeias para legislação nacional, aconteceu em abril de 2006, tendo sido criado o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). O SCE tem como objetivo informar o cidadão das oportunidades para melhorar as condições de conforto, poupar energia e proteger o ambiente. Entrou em vigor no dia 1 de julho de 2007. A legislação nacional foi posteriormente atualizada em dezembro de 2013. A entidade gestora do SCE é a ADENE – Agência para a Energia e a fiscalizadora é a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG).

## **2.2. Implantação do edifício e dados climáticos do local**

A primeira etapa a ser desenvolvida passa pela implantação do edifício, tendo em consideração a sua localização geográfica e a orientação das fachadas. Terá de ser considerada, também, a cota de implantação do edifício em relação ao nível médio das águas do mar, bem como dar algum destaque aos edifícios ou elementos envolventes que provoquem sombreamentos.

Depois de se proceder à implantação do edifício no programa, segue-se a construção do modelo de simulação, sendo necessário incorporar toda a informação recolhida no modelo, para este proceder à determinação das necessidades térmicas e energéticas. Antes de proceder à determinação das necessidades do edifício é essencial a obtenção do ficheiro climático representativo do local onde se encontra o edifício, uma vez que a avaliação do desempenho energético do edifício varia em função do clima e das respetivas variáveis que o influenciam. Conforme o regulamento, este deve ser obtido através da folha de cálculo disponibilizada pela DGEG, SCE.CLIMA (v1.0) – *software* para o Sistema Nacional de Certificação de Edifício, disponibilizado em (DGEG, 2023b). Nesta ferramenta de apoio é gerado um ficheiro de dados climáticos (ficheiro EPW), com base na seleção do município e da altitude a que o edifício se encontra e, assim, obtém-se uma referência horária do clima do local, uma zona climática de verão e inverno e os seus parâmetros climáticos.

Portugal encontra-se dividido em três zonas climáticas de inverno (I1, I2, I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3).

## **2.3. Levantamento dimensional e parâmetros térmicos**

Após a visita ao edifício, organizou-se a informação recolhida no local. Para isso desenvolveram-se todas as plantas, com o auxílio da ferramenta *AutoCAD*, onde se compilou a seguinte informação: levantamento dimensional e geométrico, da área útil de pavimentos; identificação das tipologias dos espaços; caracterização da envolvente; caracterização do sistema de iluminação, de climatização, de ventilação, de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) e dos equipamentos instalados.

A organização de todos estes elementos possibilita uma análise facilitada do edifício permitindo uma maior rapidez na construção do modelo de simulação dinâmica.

Por conseguinte, no âmbito do levantamento dimensional devem ser definidas as dimensões, pelo interior, de cada espaço do edifício, as categorias do espaços e a envolvente. A envolvente pode ser designada por interior e exterior. Dentro destes dois tipos de envolvente, existe a envolvente opaca, que é constituída pela cobertura, pelos pavimentos e pelas paredes, e a envolvente envidraçada, da qual fazem parte os vãos envidraçados. Quanto às portas que constituem um edifício, estas podem ser consideradas como envolvente opaca ou envidraçada. É possível considerar estas como vão envidraçado, caso possuam uma área superior a 25% da sua área total, caso contrário, podem ser consideradas como envolvente opaca (DGEG & ADENE, 2021).

A caracterização das soluções construtivas também é bastante importante, uma vez que dependendo da sua constituição, esta poderá proporcionar uma maior ou menor resistência às transferências de calor. A determinação dos parâmetros térmicos das soluções construtivas possibilita a análise do desempenho das soluções instaladas, em que para a envolvente opaca se deve determinar o coeficiente de transmissão térmica (U).

Para os vãos envidraçados, para além do coeficiente de transmissão térmica que, normalmente, é fornecido pelos fabricantes, é necessário determinar o valor do fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados ( $g_t$ ).

Na envolvente dos edifícios, as soluções construtivas apresentam elementos de ligação e descontinuidades onde geralmente ocorrem maiores taxas de transferência de calor sendo estes locais definidos como pontes térmicas planas (PTP) e pontes térmicas lineares (PTL). Caso não seja possível a determinação e caracterização das pontes térmicas é possível considerar as PTL mediante a majoração global das necessidades de aquecimento do edifício em 5%, e considerar as PTP mediante a majoração do U das paredes exteriores do edifício em 35% (DGEG & ADENE, 2021).

O zonamento térmico de um edifício de comércio e serviços trata-se do espaço ou conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto, devido às suas similaridades, em termos de perfil de ocupação, iluminação e equipamentos, ventilação, sistemas de climatização e condições de exposição solar (DGEG & ADENE, 2021).

## **2.4. Definição do edifício de referência**

Para a determinação da classe de eficiência energética do edifício, torna-se indispensável a comparação entre o edifício previsto e o edifício de referência.

O edifício previsto é o edifício considerado para a determinação do consumo anual de energia primária, tendo em conta as suas características geométricas, construtivas e sistemas técnicos. O edifício de referência é um edifício que é comparado com o edifício previsto para determinação da classe energética, dotado de soluções de referência para elementos da envolvente e sistemas técnicos e, que não considera fontes de energia renovável.

Depois da execução do modelo de simulação previsto, utiliza-se uma cópia do mesmo, onde se mantêm todas as características e soluções não especificadas em seguida. O modelo de simulação de referência apresentará soluções e parâmetros de referência ao nível da envolvente, do sistema de aquecimento e arrefecimento ambiente, da ventilação, da preparação das águas quentes sanitárias e de piscinas (se aplicável) e do sistema de iluminação. No que diz respeito às energias renováveis, no modelo de referência, deve ser considerada a ausência de qualquer contributo renovável.

No modelo de referência, devem-se considerar as condições apresentadas na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 - Soluções de referência a considerar no modelo de referência, adaptada da tabela 102 do Manual SCE.**

<b>Tipo de elemento / solução</b>	<b>Soluções de referência a considerar</b>
<b>Condições Interiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em edifícios híbridos ou passivos que disponham de sistemas de climatização, considerar uma temperatura compreendida no intervalo de 20 °C a 25 °C, inclusive;</li> <li>• Em edifícios que desenvolvam no seu interior atividades específicas que obriguem a temperaturas interiores não compreendidas nos referidos intervalos, designadamente, piscinas interiores aquecidas, considerar as temperaturas reais para a atividade em causa.</li> </ul>
<b>Envoltente opaca</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os coeficientes de transmissão térmica de referência (<math>U_{ref}</math>) constantes na Tabela 103 do manual SCE, através da alteração da espessura do isolamento previsto na solução construtiva, sendo que, no caso de não estar previsto isolamento, a solução de referência deve considerar a aplicação desse isolamento ou uma outra solução construtiva, desde que em ambos os casos se mantenha a inércia do edifício;</li> <li>• Considerar uma absorvância solar (<math>\alpha_{sol}</math>) igual a 0,4.</li> </ul>
<b>Pontes térmicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os coeficientes de transmissão térmica de referência (<math>U_{ref}</math>) para as PTP constantes na Tabela 103, através da alteração da espessura do isolamento previsto na solução construtiva, sendo que, no caso de não estar previsto isolamento, a solução de referência deve considerar a aplicação desse isolamento ou uma outra solução construtiva, desde que em ambos os casos se mantenha a inércia do edifício.</li> </ul>
<b>Envoltente envidraçada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os coeficientes de transmissão térmica de referência (<math>U_{ref}</math>) constantes na Tabela 103 do manual SCE;</li> <li>• Nos espaços interiores úteis, considerar a área de vãos envidraçados verticais do edifício previsto sempre que a relação desta com a área de fachada, onde estes se inserem, seja igual ou inferior a 30%, assumindo-se esta relação limite quando não verificada a condição e adotando a área excedente as características do elemento da envoltente opaca contíguo;</li> <li>• Considerar a ausência de vãos envidraçados horizontais, assumindo esta área as características do elemento da envoltente opaca contíguo;</li> <li>• Considerar o fator solar de referência (<math>g_{tot ref}</math>) constante na Tabela 104 do manual SCE;</li> <li>• Considerar a ausência de dispositivos de proteção solar, móveis ou fixos;</li> <li>• Considerar a ausência de elementos de sombreamento do tipo pala horizontal e vertical.</li> </ul>
<b>Ventilação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os valores de caudal de ar novo por espaço determinados pelo método prescritivo, conforme alínea a) da subsecção 9.2.2.1, afetados de uma eficácia da remoção de poluentes igual a 0,8;</li> <li>• Para os ventiladores associados à ventilação de espaços interiores úteis (insuflação e extração) com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, considerar uma potência determinada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e uma potência específica (SFP) de 1250 W/(m<sup>3</sup>/s);</li> <li>• Em espaços com a existência predominante (mais de 75%) de materiais de baixa emissão poluente, considerar o caudal de ar novo correspondente à situação do edifício sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em espaços com requisitos de ventilação mínima obrigatória por razões de saúde ou segurança, considerar um valor de caudal igual ao utilizado no edifício previsto;</li> <li>• Considerar a ausência de sistemas de arrefecimento gratuito, de recuperação de calor, de caudal de ar variável ou outras soluções de eficiência energética na ventilação.</li> </ul>
<b>Climatização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os sistemas de referência em função dos sistemas do edifício previsto e do respetivo uso, conforme Tabela 105 do manual SCE;</li> <li>• Considerar a ausência de sistemas de arrefecimento gratuito, de recuperação de calor, de caudal variável ou outras soluções de eficiência energética na climatização.</li> </ul>
<b>AQS e AQP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar os sistemas de referência em função dos sistemas do edifício previsto e do respetivo uso, conforme Tabela 105 do manual SCE;</li> <li>• Considerar a ausência de sistemas de recuperação de calor, de caudal variável ou outras soluções de eficiência energética na AQS e AQP.</li> </ul>
<b>Iluminação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar uma densidade de potência de iluminação determinada para o valor de DPI100lx,máx', nos termos do disposto na portaria prevista no n.º 12 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, e para o valor de iluminância média requerida no espaço (Êm req), conforme no Anexo IV – Valores de iluminância, sem contabilizar sistemas de controlo por ocupação ou por disponibilidade de luz natural;</li> <li>• Considerar a ausência de sistemas de controlo da iluminação em função da ocupação e da luz natural e de outras soluções de eficiência energética na iluminação.</li> </ul>
<b>Energias renováveis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar a ausência de qualquer contributo renovável.</li> </ul>

(Conclusão) Tabela 2.1 - Soluções de referência a considerar no modelo de referência.

## 2.5. Determinação da classe energética do edifício

Após o desenvolvimento do modelo dinâmico previsto, com implementação de todos os parâmetros enunciados, e do modelo dinâmico de referência, tem de se proceder à obtenção dos indicadores de eficiência energética necessários para a aplicação da equação (2.1), referente ao rácio da classe energética em edifícios de comércio e serviços.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (2.1)$$

Em que:

$R_{IEE}$  – Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,S}$  – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)];

$IEE_{pr,ren}$  – Indicador de eficiência energética previsto renovável [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)];

$IEE_{ref,S}$  – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [ $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ ].

Para a determinação da classe energética, apenas os consumos energéticos do tipo S, a parcela referente à energia renovável e os consumos energéticos do edifício de referência são contabilizados no rácio de classe energética. A classe energética é obtida pela correspondência entre o valor de  $R_{IEE}$  e os intervalos apresentados na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2 - Intervalos de valor de  $R_{IEE}$  para edifícios de comércio e serviços, adaptado do manual SCE.**

Classe energética	$R_{IEE}$
A+	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{IEE} \leq 0,75$
B -	$0,75 < R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} > 2,50$

Com o intuito de diferenciar os consumos tipo S e os consumos tipo T é apresentada a Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 - Consumos de energia a considerar nos usos tipo S e tipo T, adaptado do manual SCE.**

Consumos tipo S	Consumos tipo T
Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humidificação e desumidificação.	Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano.
Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hotes	Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hotes.
Bombagem associada à preparação de AQS e AQP e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis.	Bombagem em sistemas de climatização não destinados para conforto humano em espaços interiores não úteis.
Preparação de AQ.	Equipamentos de frio, incluindo câmaras de refrigeração.
Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis.	Iluminação dedicada, de emergência e exterior.
	Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S.

## 2.6. Análise da viabilidade técnico-económica

A reabilitação energética tem como intuito a racionalização de energia e a aplicação de medidas sustentáveis que beneficiem a redução da utilização dos recursos energéticos. As medidas de eficiência energética são de implementação obrigatória, caso os edifícios não estejam em conformidade com os limiares de classe energética para o qual estão enquadrados, no âmbito do desempenho energético dos edifícios (DEE). Para além disso, o papel na certificação energética neste tipo de medidas foca-se na sensibilização e informação do requerente para o potencial de melhoria do edifício.

Após a identificação das potenciais medidas de racionalização energética é necessário avaliá-las, em termos do impacto no desempenho energético e em termos económicos. Para analisar o impacto no desempenho energético, é necessário ter em consideração não apenas a redução do consumo energético, mas também a qualidade nas condições de conforto dos ocupantes e a eficiência de sistemas sustentáveis. Já a análise económica das medidas propostas permite avaliar a rentabilidade do caso de estudo.

Para o estudo de viabilidade económica, o indicador económico a ser analisado é o período de retorno simples (PRS). Como o próprio nome indica, este refere-se a um método simples de avaliação do risco de investimento de um projeto, pretendendo-se verificar quanto tempo é necessário para repor o capital investido. Segundo a legislação em vigor, para os edifícios

que se encontrem condicionados ao melhoramento do desempenho energético, as medidas de eficiência energética que apresentarem um PRS igual ou inferior a 8 anos, são de implementação obrigatória. Para a determinação do PRS recorre-se à Equação 2.2, onde o investimento corresponde ao montante global dos custos de investimento da medida de melhoria [€] e a poupança económica anual corresponde à poupança, em euros, resultante da redução energética obtida pela implementação da medida de melhoria [€/ano].

$$PRS = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Poupança económica anual}} [\textit{anos}] \quad (2.2)$$

### 3. Análise de um caso de estudo

O caso de estudo apresentado, diz respeito a um lar para idosos, em Cascais. Nas seguintes secções são apresentadas as etapas necessárias para o desenvolvimento de um modelo de simulação dinâmica multizona para um edifício de comércio e serviços existente, bem como a caracterização do edifício em causa. Como referido anteriormente, o software utilizado foi o *DesignBuilder*, versão 4.7.0.027 – *EnergyPlus* 8.1 (Figura 3.1).



Figura 3.1 – No lado direito, encontra-se representado o edifício em análise, utilizando o *DesignBuilder*.

#### 3.1. Caracterização do edifício em análise

O edifício de estudo é um edifício de comércio e serviços, mais concretamente uma residência/lar para idosos, possuindo assim, tipologia de “Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)”, de acordo com a Tabela 12 do manual SCE (DGEG & ADENE, 2021). Contempla uma área total de 4001,9 m<sup>2</sup> e um pé direito médio de 3,1 m. Encontra-se situado numa zona sem obstruções significativas de sombreamento, a 3,67 km da costa marítima e elevado a 116 m, em relação ao nível médio do mar.

Para a avaliação do desempenho energético do edifício é necessário caracterizar os espaços que compõem o edifício em espaços interiores úteis ou não úteis, de acordo com a Tabela 14 do manual SCE (DGEG & ADENE, 2021). O edifício em análise possui uma área interior útil de 3.711,44 m<sup>2</sup> e área interior não útil de 290,46 m<sup>2</sup> (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Descrição sumária do edifício em análise.

Tipologia	Área útil (m <sup>2</sup> )	Área não útil (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)
Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	3.640,7	7,7	3,2
Armazéns	70,7	282,8	2,6

De acordo com o decreto-Lei nº 101-D/2020, o edifício em análise é um Grande Edifício de Comércio e Serviço (GES), uma vez que no seu conjunto possui uma área de pavimento interior útil superior a 1.000 m<sup>2</sup>.

De acordo com a Tabela 3 do manual SCE (DGEG & ADENE, 2021), o edifício em estudo é considerado como existente, uma vez, que o primeiro processo de licenciamento ou autorização de edificação tem data de entrada do projeto de arquitetura junto das entidades competentes, anterior ao dia 1 de julho de 2021.

O edifício é constituído por quatro pisos, onde um deles é enterrado e os restantes encontram-se acima da cota do solo. No seu interior contém: copa, sala de convívio, sala de ginásio, sala de exame/tratamento, sala multiusos, cozinha, consultório médico, sala de refeições, sala de repouso, gabinetes, quartos individuais, quartos duplos, instalações sanitárias, átrio e/ou circulações, balneários, arrumos e/ou armazéns (Anexo I). O edifício não possui qualquer fonte de energias renováveis. Na Figura 3.2 encontram-se as plantas dos quatro pisos existentes.

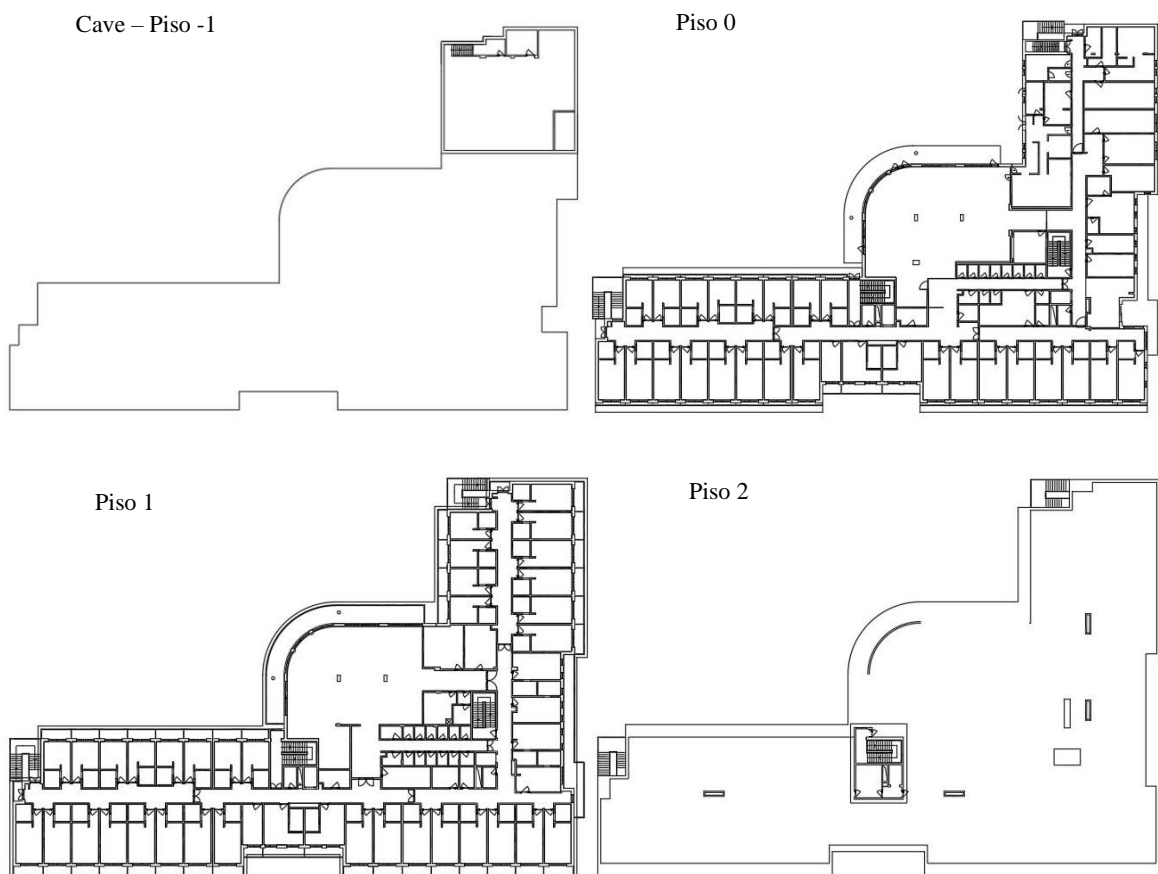


Figura 3.2 - Plantas dos diferentes pisos existentes, no lar de Cascais.

### 3.1.1. Localização do edifício, ficheiro climático e orientação solar

O edifício em causa pertencente à NUTS III, designada Grande Lisboa, situa-se na localidade de Alcabideche – Cascais (Figura 3.3). Encontra-se a uma altitude de 116 m (em relação ao nível do mar) e está inscrito na zona climática I1-V2. Para o local em questão a estação de aquecimento tem um período de duração de 5,3 meses, com uma temperatura média de 10,8°C, os graus-dias de 1.083°C, enquanto que para a estação de arrefecimento a sua temperatura média é de 21,6°C. Esta informação foi obtida através do *software* referido no Capítulo 3, representado na Figura 3.4.



Figura 3.3 - Localização geográfica do lar de Cascais.

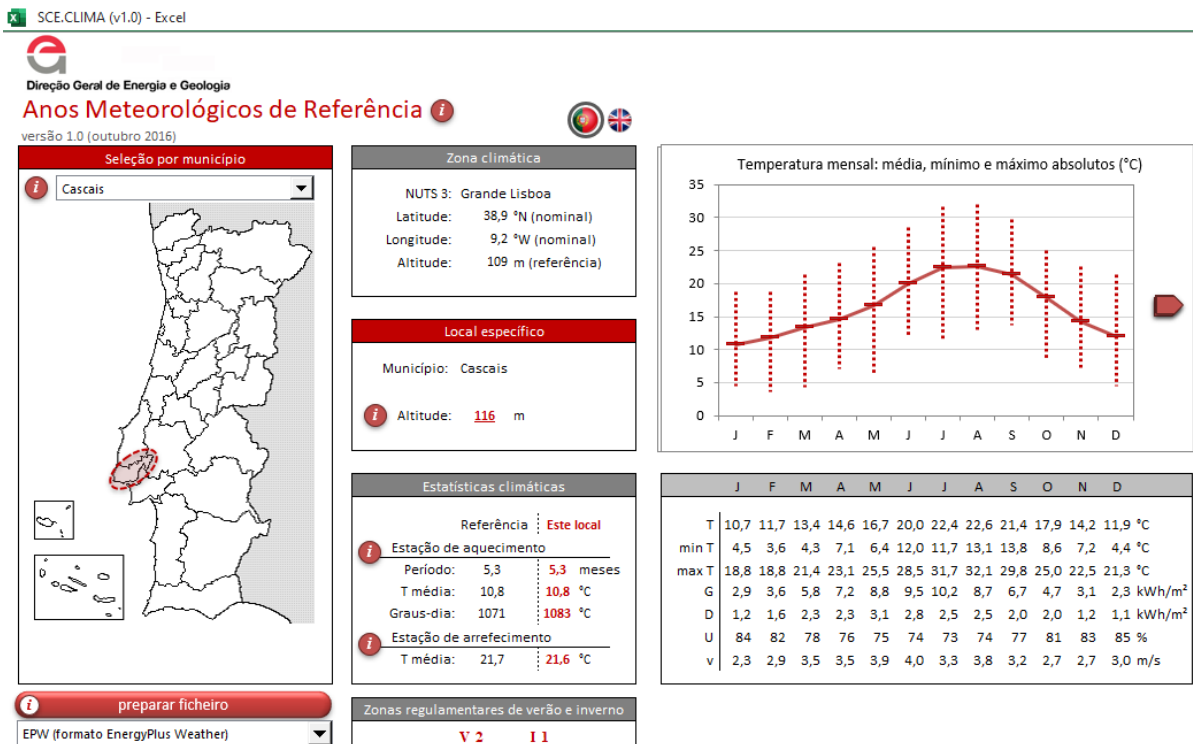


Figura 3.4 - Ficheiro climático obtido mediante ferramenta do DGEg.

Todos estes elementos foram, rigorosamente, implementados no modelo de simulação dinâmica multizona, criando um *template* climático para a localização em questão (Figura 3.5).

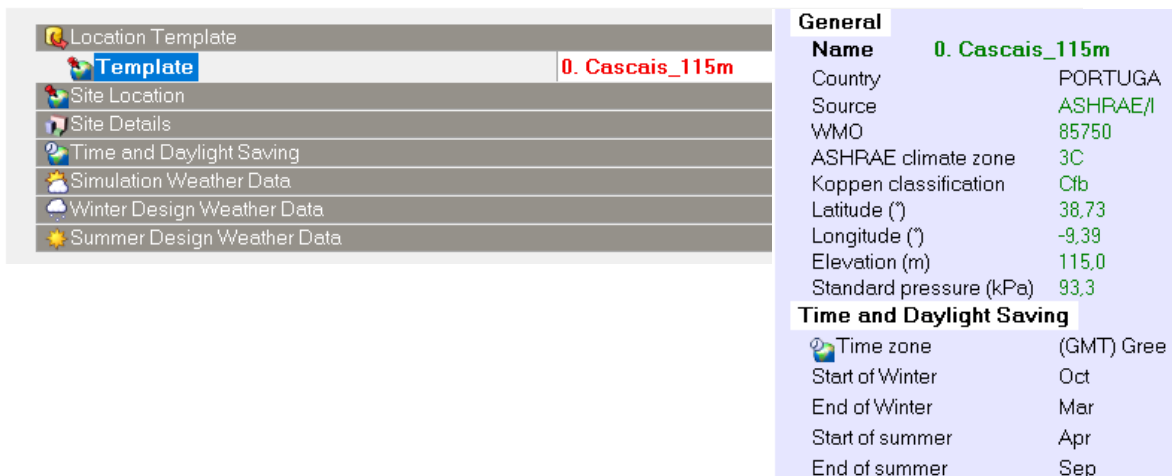


Figura 3.5 - Representação da incorporação do ficheiro climático no DesignBuilder.

### 3.1.2. Soluções construtivas

A identificação das soluções construtivas, bem como a determinação dos respetivos parâmetros térmicos, é, em alguns casos, de alguma complexidade, em virtude da falta de informação existente e da impossibilidade de conhecer de forma fidedigna a constituição das mesmas.

Neste caso, consideraram-se os elementos construtivos apresentados na Tabela 3.2, obtidos em colaboração com os arquitetos envolvidos no processo, com os respetivos valores do coeficiente de transmissão térmica das envolventes.

$U_{\text{PROJETO}}$ ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ )	Tabela 3.2 - Descrição das envolventes. Descrição do elemento construtivo	$U_{\text{REFERÊNCIA}}$ ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ )
0,363	Parede exterior nova de cor clara constituída, do interior para o exterior, por: reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); tijolo cerâmico furado 11 (espessura 0,11m, resistência térmica 0,27 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); caixa de ar não ventilada (espessura 0,03m, resistência térmica 0,18 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,06m, resistência térmica 1,714 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); tijolo cerâmico furado 15 (espessura 0,15m, resistência térmica 0,39 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).	0,70
0,575	Parede interior nova em contacto com espaços não úteis (bztu = 0,40 e 0,60) constituída, do interior para o ENU, por: gesso cartonado (espessura 0,013 m, resistência térmica 0,052 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,04 m, resistência térmica 1,143 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); tijolo cerâmico furado 11 (espessura 0,11 m, resistência térmica 0,27 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); reboco cimento (espessura 0,02 m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).	0,70
0,362	Cobertura exterior plana nova constituída, do interior para o exterior, por: reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); laje de betão armado (espessura 0,38m, resistência térmica 0,165 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); tela impermeabilização (espessura 0,01m, resistência térmica 0,043 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,08m, resistência térmica 2,286 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); betonilha (espessura 0,08m, resistência térmica 0,062 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); revestimento cerâmico (espessura 0,02m, resistência térmica 0,054 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).	0,50
0,465	Cobertura interior sobre espaço não útil (bztu = 0,40 e 0,60) constituída, do interior para o exterior, por: reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); betão armado (espessura 0,28m, resistência térmica 0,122 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,06m, resistência térmica 1,714 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); betonilha (espessura 0,06m, resistência térmica 0,046 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); revestimento cerâmico (espessura 0,02m, resistência térmica 0,054 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).	0,50
0,463	Pavimento exterior novo de cor clara constituído, do interior para o exterior, por: revestimento cerâmico (espessura 0,02m, resistência térmica 0,054 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); betonilha (espessura 0,06m, resistência térmica 0,046 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,06m, resistência térmica 1,714 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); betão armado (espessura 0,28m, resistência térmica 0,122 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ); reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ).	0,50

0,436	Pavimento interior sob espaços não úteis (bztu = 0,40 e 0,60) constituído, do interior para o exterior, por: revestimento cerâmico (espessura 0,02m, resistência térmica 0,054 m <sup>2</sup> .°C/W); betonilha (espessura 0,06m, resistência térmica 0,046 m <sup>2</sup> .°C/W); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,06m, resistência térmica 1,714 m <sup>2</sup> .°C/W); betão armado (espessura 0,28m, resistência térmica 0,122 m <sup>2</sup> .°C/W); reboco cimento (espessura 0,02m, resistência térmica 0,015 m <sup>2</sup> .°C/W).	0,50
0,567	Pavimento em contacto com o solo novo (profundidade 0 m) constituído, do interior para o solo, por: revestimento cerâmico (espessura 0,02 m, resistência térmica 0,054 m <sup>2</sup> .°C/W); betonilha (espessura 0,05 m, resistência térmica 0,038 m <sup>2</sup> .°C/W); isolamento térmico do tipo XPS (espessura 0,04 m, resistência térmica 1,143 m <sup>2</sup> .°C/W); brita, areia, gravilha, seixo (espessura 0,04 m, resistência térmica 0,02 m <sup>2</sup> .°C/W); betão armado (espessura 0,18 m, resistência térmica 0,078 m <sup>2</sup> .°C/W); brita, areia, gravilha, seixo (espessura 0,18 m, resistência térmica 0,09 m <sup>2</sup> .°C/W).	--

(Conclusão) Tabela 3.2 - Descrição das envolventes.

Na Tabela 3.3 está representado o levantamento das envolventes do edifício em estudo.

Tabela 3.3 - Levantamento das envolventes do edifício.

	Paredes exteriores	Paredes interiores	Vãos envidraçados	Cobertura exterior	Cobertura interior	Pavimento exterior	Pavimento interior	Pavimento em contacto c/ o solo
Área (m <sup>2</sup> )	903,09	44,94	433,50	1.208,07	15,42	11,18	246,95	819,55

No que toca às soluções construtivas, considera-se que a inércia térmica do lar é média, de acordo com as regras de simplificação (Tabela 3.4). A inércia térmica traduz a capacidade de armazenamento de calor que os elementos construtivos apresentam.

Tabela 3.4 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior, adaptada do manual SCE.

Classe de Inércia Térmica Interior	Requisito
<b>Inércia Forte</b> (I <sub>t</sub> = 475 kg/m <sup>2</sup> )	-Sem soluções de isolamento térmico pelo interior; -Pavimento e teto em betão armado ou pré-esforçado; -Revestimento de teto em estuque ou reboco; -Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, exceto pavimentos flutuantes; -Paredes de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; -Paredes exteriores e interiores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco;
<b>Inércia Média</b> (I <sub>t</sub> = 275 kg/m <sup>2</sup> )	-Caso não se verifiquem, cumulativamente, as soluções aplicáveis às classes de inércia Forte ou Fraca;
<b>Inércia Fraca</b> (I <sub>t</sub> = 75 kg/m <sup>2</sup> )	-Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); -Revestimento de piso tipo flutuante ou pavimento de madeira; -Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação.

Na Figura 3.6 estão representadas várias janelas utilizadas para a aplicação de um elemento construtivo no programa de simulação, sendo neste caso apresentado um exemplo de inserção da parede exterior nova (com a designação de 0.ParE1, que corresponde à primeira linha da Tabela 3.2).

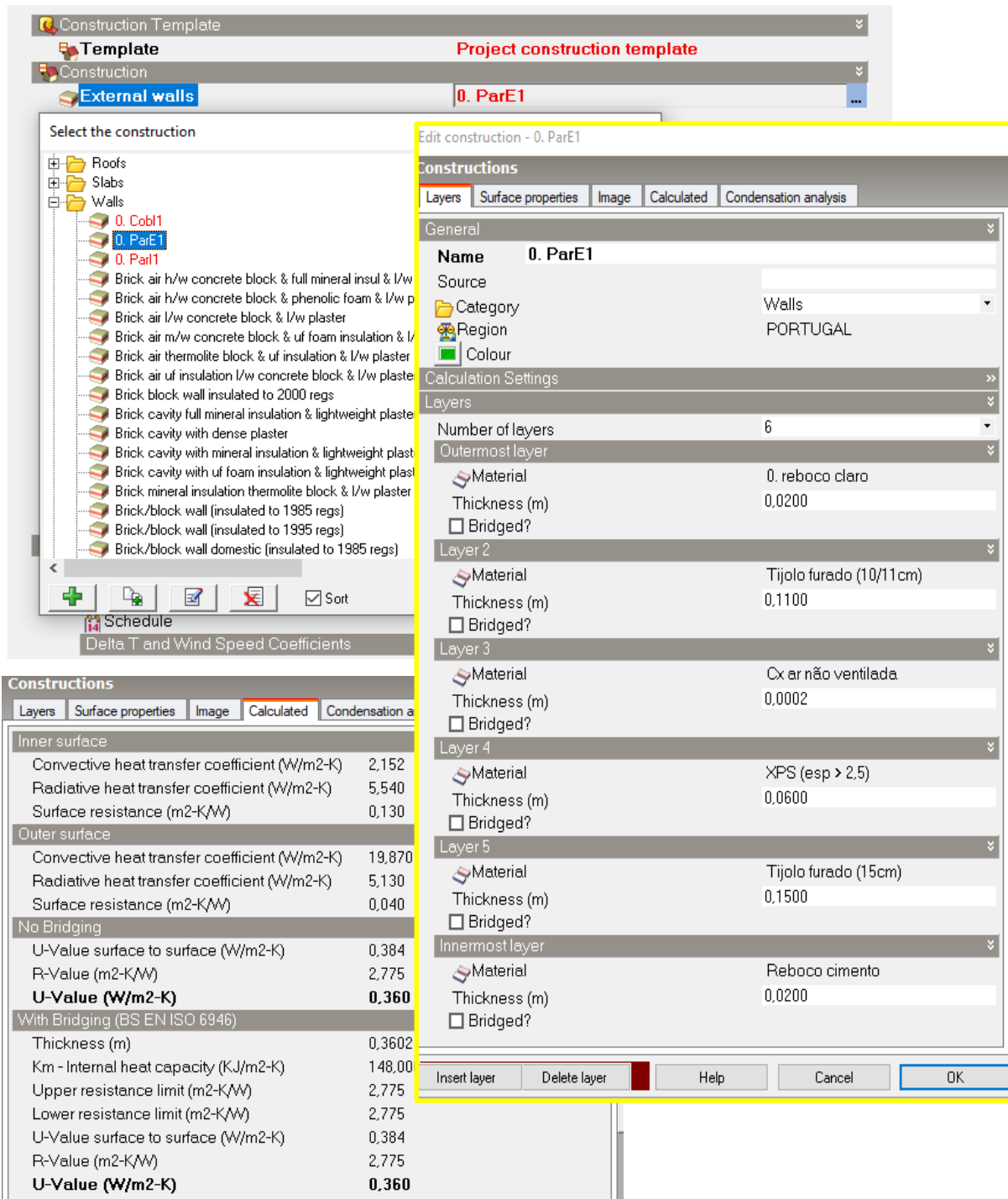


Figura 3.6 – Representação de um exemplo de inserção de uma solução construtiva no *DesignBuilder*.

### 3.1.3. Vãos envidraçados

Os elementos da envolvente envidraçada devem ser caracterizados mediante os seguintes parâmetros:

- Coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) – caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que estes separam.
- Fração envidraçada – corresponde à relação entre a área transparente e a área total do vão envidraçado
- Radiação solar. A determinação dos ganhos solares através de uma superfície transparente é efetuada considerando o fator solar ( $g$ ), que quantifica a fração da radiação solar incidente que é transmitida de forma direta ou indireta para o interior.
- Obstruções do horizonte. O fator de obstrução solar ( $F_s$ ) representa a redução da radiação solar incidente nos vãos envidraçados devido ao sombreamento causado por diferentes obstáculos.
- Elementos de sombreamento.

Neste caso de estudo, existem três tipos de vãos, com as características representadas na Tabela 3.5 e com maior detalhe no Anexo II. Na Figura 3.7 está representada uma fotografia, tirada no local, de um vão com vidro duplo e com corte térmico (lado esquerdo) e, no lado direito, as características do mesmo.

Tabela 3.5 - Tipos de vãos existentes no presente caso de estudo.

Tipo de vão	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
<b>Tipo de janela</b>	Simples	Simples	Simples
<b>Tipo de caixilharia</b>	Janelas de madeira ou PVC	Janelas de madeira ou PVC	Janelas de madeira ou PVC
<b>Corte térmico</b>	Com corte térmico	Com corte térmico	Com corte térmico
<b>Tipo de vidro</b>	Vidro duplo (6 mm) com caixa de ar de 14 mm	Vidro duplo (8 mm) com caixa de ar de 16 mm	Vidro duplo (6 mm) com caixa de ar de 14 mm
<b>Permeabilidade</b>	Sem permeabilidade	Sem permeabilidade	Sem permeabilidade
<b>Tipo de abertura</b>	Giratória	Fixa	Giratória
<b>Proteções do interior para o exterior</b>	Sem proteções solares	Sem proteções solares	Proteção interior com cortinas opacas brancas
<b>Coeficiente de transmissão térmica (<math>U</math>)</b>	1,35 W/(m <sup>2</sup> .°C)	1,38 W/(m <sup>2</sup> .°C)	1,35 W/(m <sup>2</sup> .°C)



Figura 3.7 - Demonstração de um tipo de vão existente no local e as respetivas características.

### 3.1.4. Sistemas de climatização e ventilação

O sistema de climatização e ventilação existente para garantir o controlo de temperatura no interior do edifício é composto por dez unidades exteriores do tipo bomba de calor, que fazem o aquecimento do edifício através de piso radiante (Figura 3.8). As bombas de calor têm uma potência de aquecimento de 16,00 kW, com um COP de 4,53.



Figura 3.8 – Sistema de climatização e ventilação: unidades exteriores do tipo bomba de calor.

Para o edifício de estudo, não existe sistema para arrefecimento, pelo que se usou o sistema de referência, do tipo *chiller* bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar, com EER de 2,9, onde não se contabiliza a componente renovável correspondente à aerotermia, de acordo com a Tabela 101 do manual SCE aprovado pelo Despacho nº 6476-H/2021, de 1 de julho, na sua atual redação, quando não existe o equipamento, como é o caso do equipamento de arrefecimento. Todas as bombas de calor com COP ou EER superior a 2,5 têm componente renovável, mas como este é um *chiller* de referência utilizado para arrefecimento, apesar de ter EER de 2,9, a componente renovável correspondente à aerotermia não se contabiliza.

Os equipamentos serão novos e, por este motivo o fator idade não é contabilizado, conforme a Tabela 76 do manual SCE (DGEG & ADENE, 2021).

### 3.1.5. Sistema de produção de águas quentes sanitárias

A produção de AQS é feita por duas bombas de calor compactas, a eletricidade, que fornecem energia térmica a quatro depósitos de 500 L (Figura 3.9). Este equipamento apresenta uma potência de aquecimento de 16,00 kW, com COP e SCOP de 2,73 e 3,01, respetivamente. As AQS deverão ser mantidas a uma temperatura de 60 °C para evitar o aparecimento de *legionella*.

Os equipamentos serão novos e, por este motivo o fator idade não é contabilizado, conforme a Tabela 76 do manual SCE (DGEG & ADENE, 2021).










Figura 3.9 - Sistema de produção de AQS: bombas de calor (lado esquerdo) e depósitos de 500L (lado direito).

### 3.1.6. Sistema de iluminação

A iluminação interior é realizada por lâmpadas e luminárias do tipo LED's (Figura 3.10). Os padrões reais, nominais e tipo de iluminação pelas várias zonas do edifício em estudo, resulta do levantamento in loco de cada um dos espaços, bem como da análise à tela final do projeto elétrico executado.

A Tabela 3.6, representa a desagregação de luminárias pelo edifício.

Tabela 3.6 - Representação de luminárias existentes no edifício.

						
(FT)	(FC)	(LED)	(H)	(Inc)	(VM)	(IM)
0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

FT – Fluorescente Tubular | FC – Fluorescente Compacta | LED – Diodo Emissor de Luz | H – Halogéneo | Inc. – Incandescente | VM – Vapor Mercúrio | IM – Iodeto Metálico



Figura 3.10 - Representação de algumas lâmpadas e luminárias do tipo LED existentes no edifício.

### 3.2. Caracterização do edifício de referência

O edifício de referência apresenta-se como um edifício de comparação do desempenho energético, onde com os resultados obtidos mediante a incorporação das soluções e parâmetros de referência, é possível a obtenção da classe energética do edifício em análise. Este edifício incorpora as disposições enunciadas no Capítulo 2, sendo que para os parâmetros que não apresentam soluções de referência, este adota as soluções do modelo de simulação previsto.

No que se refere à localização, ao ficheiro climático e à orientação solar, o edifício de referência irá incorporar as mesmas características do que o edifício real, para assim, os resultados não serem influenciados por soluções padronizadas. Para além destes parâmetros, o mesmo acontece com os perfis de utilização e ocupação, com os equipamentos instalados e com o zonamento térmico, uma vez que permanecem inalterados ao modelo previsto.

### **3.2.1. Soluções construtivas**

Para a caracterização das soluções construtivas do edifício de referência, foram adotadas todas as disposições enunciadas na Tabela 2.1, no Capítulo 2. Uma vez que o lar está inscrito na zona climática II-V2, o valor para o  $U$  da zona corrente da envolvente dos elementos opacos verticais é de  $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , dos elementos opacos horizontais é de  $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e para os vãos envidraçados exteriores é de  $4,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . O valor adotado para o fator solar dos vãos envidraçados, sem dispositivos de sombreamento, foi de 0,20.

## **3.3. Modelação dinâmica**

Os sistemas e soluções apresentadas foram imprescindíveis para a obtenção dos vários modelos de simulação dinâmica. Em primeiro lugar, foi desenvolvido o modelo de simulação previsto, onde se incorporaram as soluções já especificadas. Assim, foram obtidos os resultados dos consumos energéticos simulados, que serviram para calcular o parâmetro  $\text{IEE}_{\text{pr}}$ . Por fim, realizou-se o modelo de referência para a determinação do  $\text{IEE}_{\text{ref}}$ , para assim, se culminar na determinação da classe energética do edifício.

Para execução da simulação dinâmica multizona, associada a um determinado edifício e, conseqüente previsão dos consumos de energia, devem ser considerados padrões de referência de utilização, em função da tipologia de escritórios nos três perfis distintos: ocupação (Figura 3.11), iluminação (Figura 3.12) e equipamentos (Figura 3.13), segundo o Anexo VII – Perfis por omissão, do Manual SCE (DGEG & ADENE, 2021).

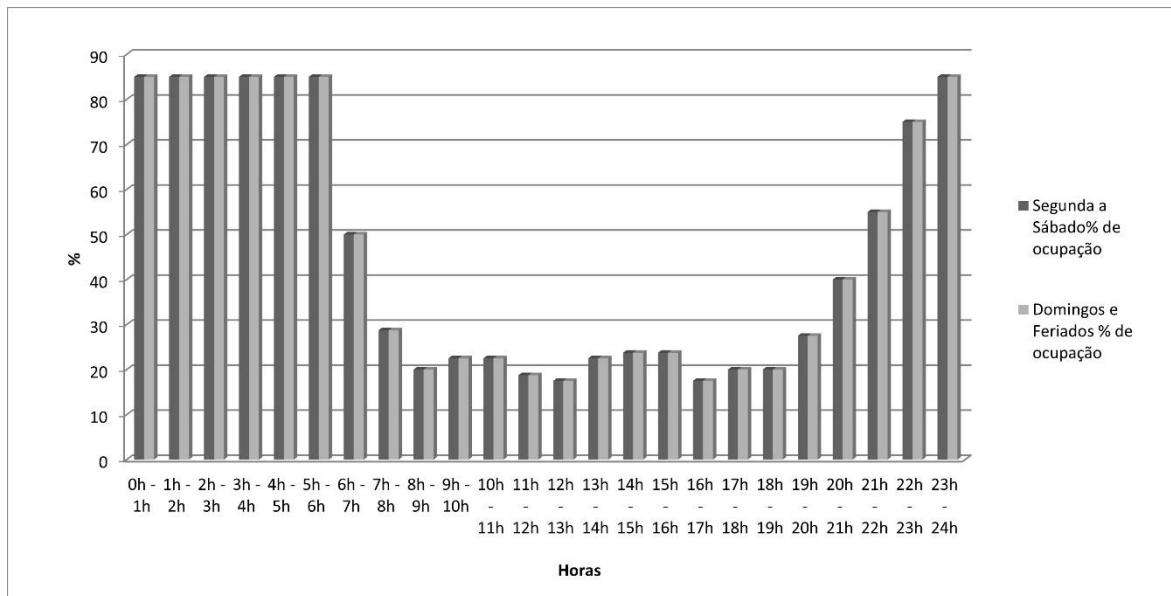


Figura 3.11 - Perfil de consumo de ocupação, segundo o Anexo VII do manual SCE.

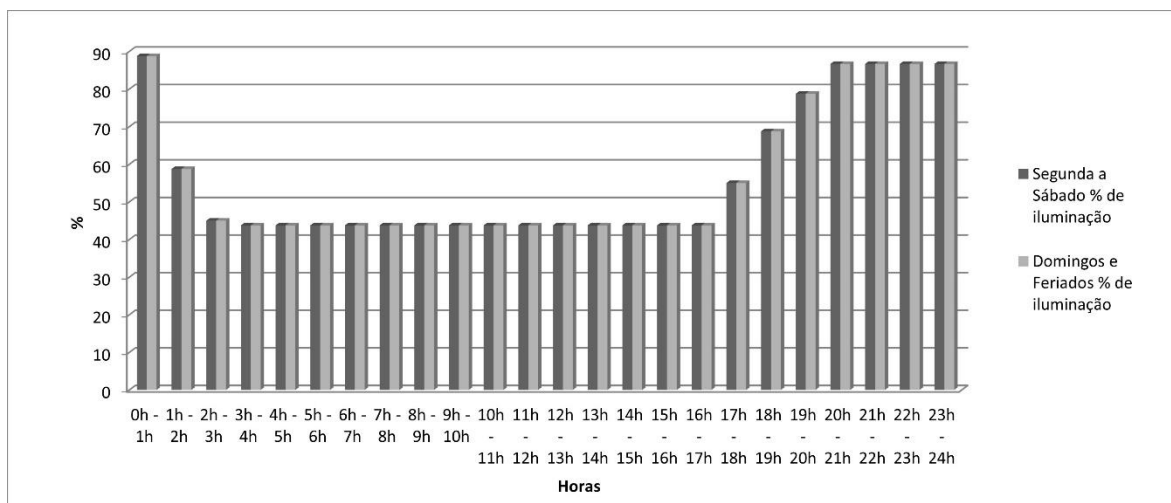


Figura 3.12 - Perfil de consumo de iluminação, segundo o Anexo VII do manual SCE.

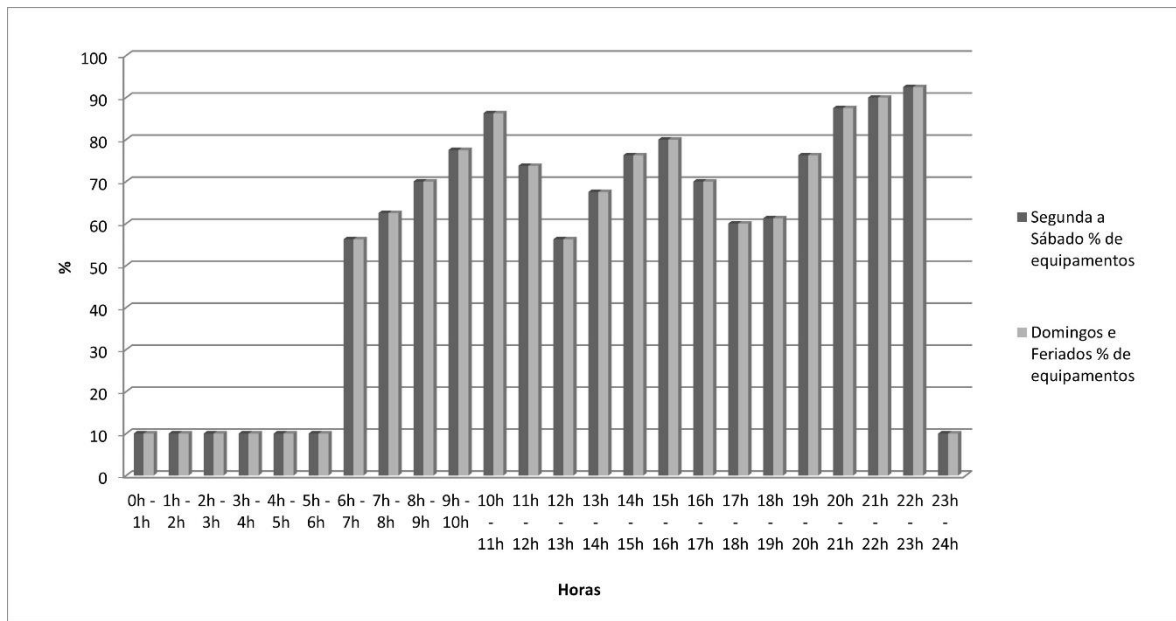


Figura 3.13 - Perfil de consumo de equipamentos, segundo o Anexo VII do manual SCE.

Por outro lado, é necessário ainda definir o perfil de consumo de AQS (Figura 3.14) e, deste modo obter as necessidades energéticas anuais (kWh/ano).

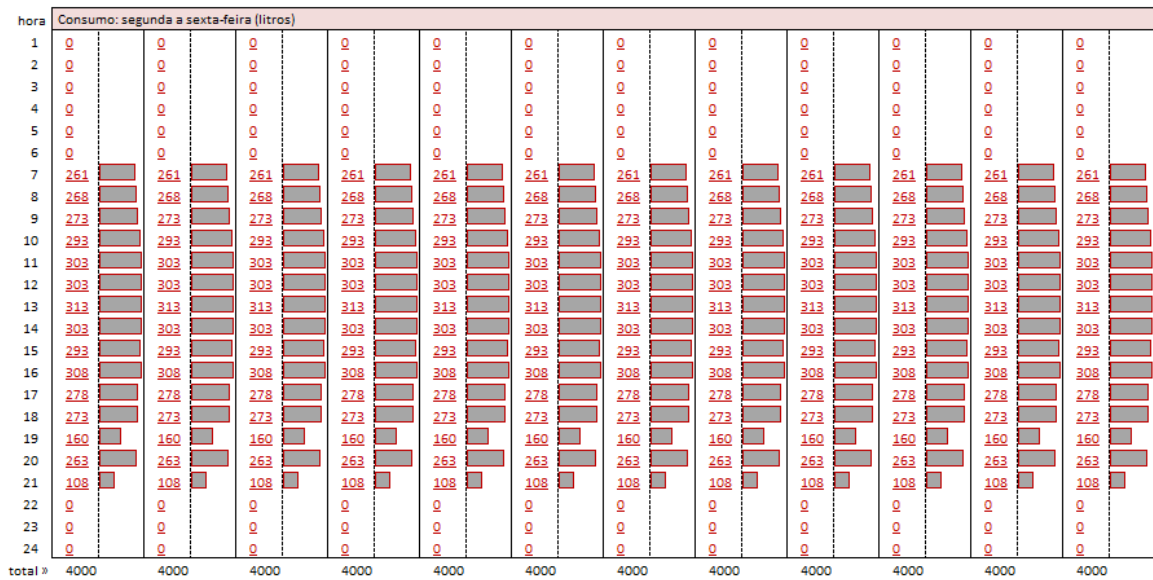


Figura 3.14 - Perfil variável da utilização de águas quentes sanitárias.

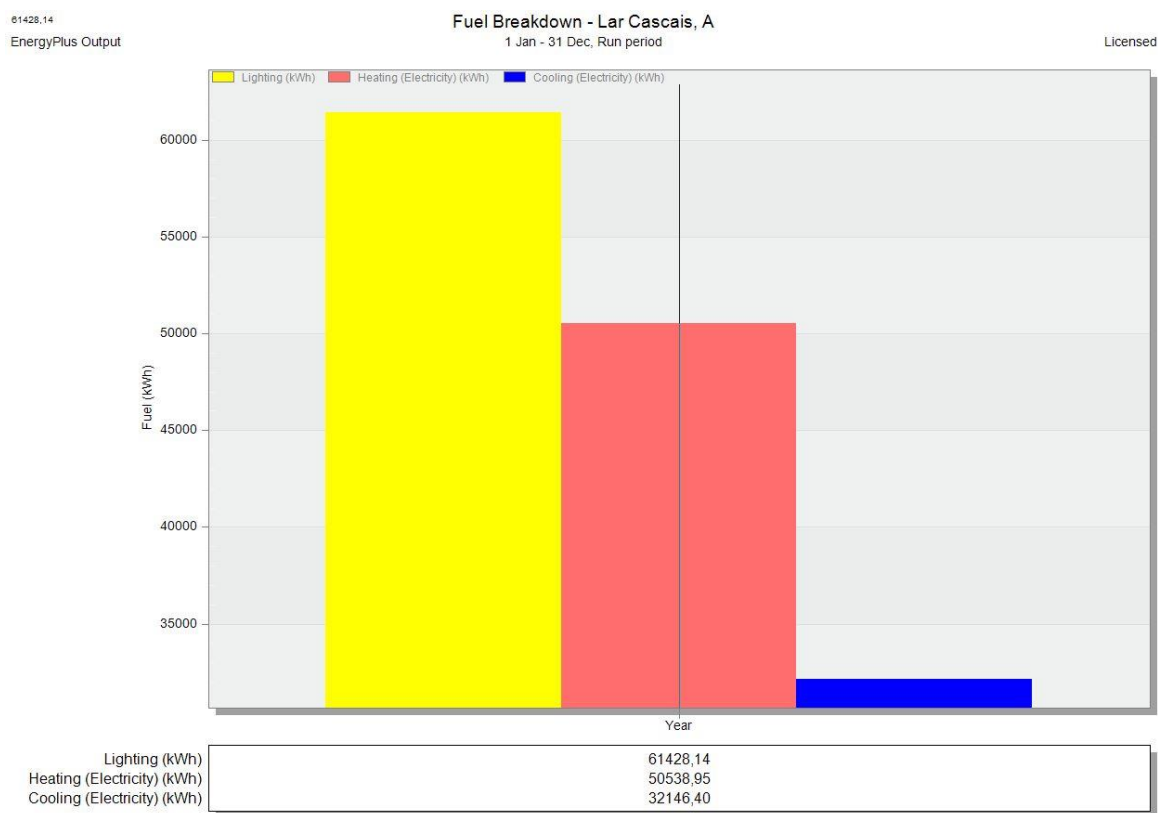
Executada a simulação dinâmica multizona, apresentam-se as Figuras 3.15 e 3.16, onde estão representados os consumos do sistema de AVAC, iluminação e outros equipamentos, tanto em condições reais como em condições de referência, respetivamente.

De modo, a ser possível comparar os resultados obtidos a partir do *DesignBuilder*, apresenta-se a Tabela 3.7 que demonstra os resultados com as mesmas unidades (MWh).

**Tabela 3.7 - Resultado obtidos a partir do DesignBuilder, em MWh.**

	Condições reais – Modelo previsto	Condições de referência – Modelo de referência
Iluminação (MWh)	61,43	109,87
Aquecimento (MWh)	50,54	76,50
Arrefecimento (MWh)	32,15	46,04

É possível verificar que o modelo previsto tem menores consumos do que o modelo de referência, o que indica que o edifício previsto é mais eficiente a nível do sistema de AVAC e outros equipamentos do que o edifício de referência.



**Figura 3.15 – Gráfico resultante da simulação dinâmica do edifício, em condições reais.**

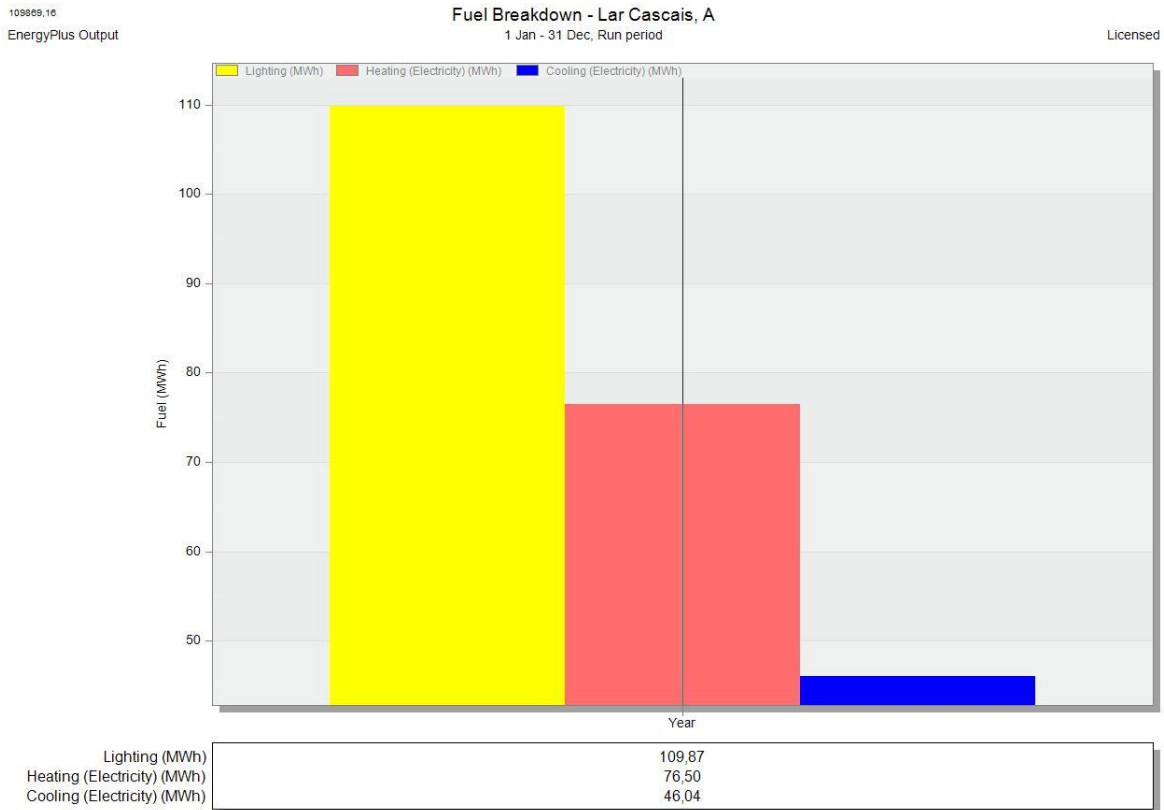


Figura 3.16 - Gráfico resultante da simulação dinâmica do edifício, em condições de referência.

### 3.4. Determinação da classe energética do edifício

Como referido anteriormente, um dos objetivos do trabalho incide na determinação dos indicadores de eficiência energética (IEE) para o cálculo do rácio da classe energética ( $R_{IEE}$ ) e, conseqüente obtenção da classe energética do lar.

Os indicadores de eficiência energética de um edifício são determinados com base no somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área, tendo por base a equação (3.1).

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} [kWh_{EP}/m^2 \cdot ano] \quad (3.1)$$

Onde,

$IEE_S$  – representa o consumo de energia que é considerado para efeito de cálculo da classificação energética do edifício,

$IEE_T$  – representa o consumo de energia que não é considerado para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício

$IEE_{ren}$  – é determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energia renovável, sendo que apenas deverá ser contabilizada a energia elétrica destinada a autoconsumo e a energia térmica efetivamente utilizadas ou passível de ser utilizada no edifício.

Os consumos são calculados a partir da equação (3.2).

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/m^2 \cdot ano] \quad (3.2)$$

Segundo (DGEG & ADENE, 2021), os fatores de conversão ( $F_{pu}$ ) entre energia final e energia primária a utilizar são:

- $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
- $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.

Apesar dos consumos associados ao  $IEE_T$  não serem contabilizados, na atribuição da classificação energética do edifício, apresenta-se na Tabela 3.8 o valor considerado para o mesmo. No Anexo III está representado, mais detalhadamente, os equipamentos que são considerados nos consumos em  $IEE_T$ .

**Tabela 3.8 - Consumos globais para o edifício ( $IEE_T$ ) [ $kWh/ano$ ].**

Consumos	Fontes de Energia	Edifício ( $kWh_{EP}/ano$ )
<b>Outros consumos</b>	Eletricidade (E)	109.967,60
	Gás Natural (GN)	41.902,00

Aplicando a equação 3.2, aos consumos tipo T, obtém-se o valor de  $IEE_T$  de 79,17  $kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$ . A demonstração da aplicação desta equação, está representada seguidamente:

$$IEE_T = \frac{\text{Consumo } E \times F_{pu} E + \text{Consumo } GN \times F_{pu} GN}{\text{Área total pavimento}}$$

$$IEE_T = \frac{109.967,60 \times 2,5 + 41.902,00 \times 1,0}{4.001,90} = 79,17 [kWh_{EP}/m^2 \cdot ano]$$

Tendo em conta os consumos retirados da simulação dinâmica, o consumo do grupo de bombagem da rede de aquecimento e a energia para a produção de AQS, obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 3.9.

**Tabela 3.9 - Consumos globais para o edifício (IEE<sub>PR,S</sub>).**

Consumos	Fonte de Energia	Edifício [kWh/ano]	Edifício [kWh <sub>EP</sub> /ano]
AQS [Simulação]	Eletricidade	24.587,665	110.890,368
Aquecimento [Simulação]	Eletricidade	50.538,95	299.905,55
Arrefecimento [Simulação]	Eletricidade	32.146,40	80.366,00
Iluminação [Simulação]	Eletricidade	61.428,14	153.570,35
Outros [Simulação]	Eletricidade	4.212,38	10.530,95
<b>TOTAL</b>		<b>172.913,53</b>	<b>655.263,21</b>

Para se obter o valor de IEE<sub>PR,S</sub>, é necessário ter em conta a área total de pavimento (m<sup>2</sup>). Assim, o valor de IEE<sub>PR,S</sub> para a determinação da classificação do edifício em análise é de 187,19 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano.

**Tabela 3.10 - Consumos globais para o edifício de referência (IEE<sub>S-ref</sub>).**

Consumos	Fonte de Energia	Edifício [kWh/ano]	Edifício [kWh <sub>EP</sub> /ano]
AQS [Simulação]	Eletricidade	26.431,74	66.079,349
Aquecimento [Simulação]	Eletricidade	76.503,27	191.258,18
Arrefecimento [Simulação]	Eletricidade	46.038,18	115.095,45
Iluminação [Simulação]	Eletricidade	109.869,16	274.672,90
Outros [Simulação]	Eletricidade	4.212,38	10.530,95
<b>TOTAL</b>		<b>263.054,73</b>	<b>657.636,82</b>

Tal como para IEE<sub>PR,S</sub>, para se obter o valor de IEE<sub>S-ref</sub>, é necessário ter em conta a área total de pavimento (m<sup>2</sup>). Assim, o valor de IEE<sub>S-ref</sub> para a determinação da classificação do edifício em análise é de 243,50 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano.

No caso do IEE<sub>ren</sub>, o edifício não apresenta qualquer tipo de fonte de integração de energias renováveis. O valor de IEE<sub>ren</sub> total, de entre os equipamentos que utilizam energia de fonte

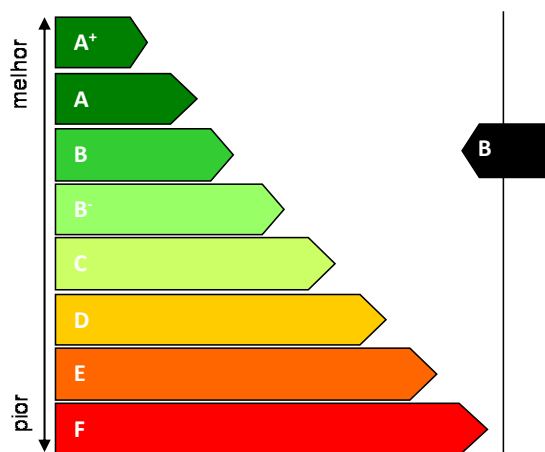
renovável e os equipamentos do tipo bomba de calor com COP superior a 2,5, como é o caso das duas bombas de calor calor do sistemas de AQS e das 10 unidades exteriores do tipo bomba de calor utilizadas no sistema de climatização e ventilação, para a determinação da classificação do edifício em estudo é de 55,72 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano.

Com base nos valores de consumo obtidos e, tendo em consideração a área de pavimento e os fatores de conversão de energia, obtiveram-se os valores dos consumos globais para o edifício da Tabela 3.11.

**Tabela 3.11 - Consumos globais para o edifício [kWh<sub>EP</sub>/ano].**

Valores de IEE	Edifício
IEE <sub>T</sub>	79,17
IEE <sub>pr-s</sub>	163,74
IEE <sub>ren</sub>	55,72
IEE <sub>ref-s</sub>	164,33
R <sub>IEE</sub>	0,66

Assim, tendo em conta o valor obtido de R<sub>IEE</sub> obtido a partir da equação (2.1), de 0,66, obteve-se a classificação energética do edifício em análise. De acordo com a Tabela 2.2, a classe energética do edifício é a B (Figura 3.17).



**Figura 3.17 - Classificação energética final do edifício.**

Os indicadores de desempenho determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis e, são apresentados em relação a um valor de referência, calculados em condições padrão (Figura 3.18).

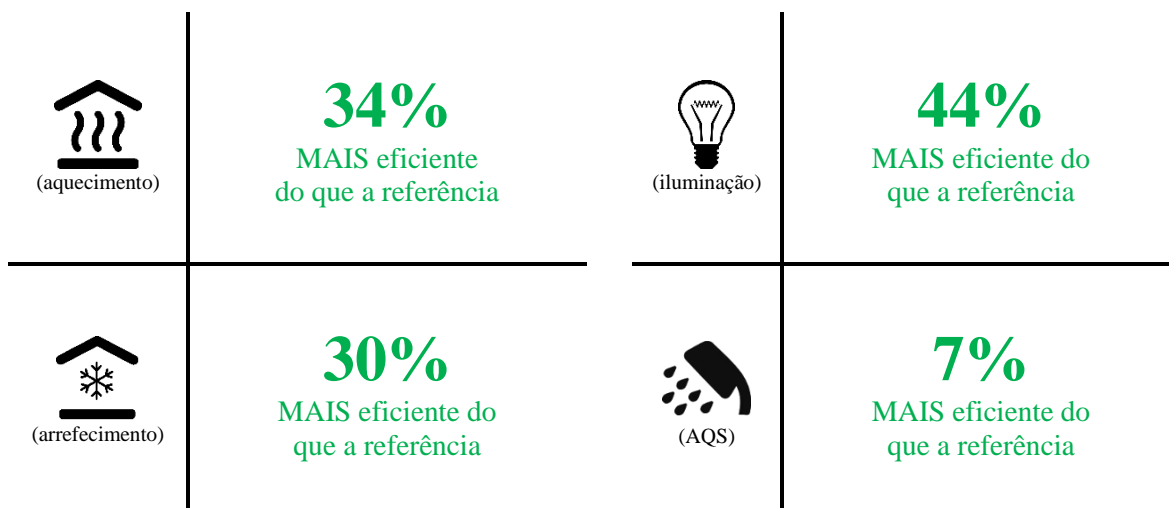


Figura 3.18 - Indicadores de desempenho, calculados em condições padrão.

As emissões de dióxido de carbono, nas condições apresentadas, são de 110,30 ton/ano (Tabela 3.12).

**Tabela 3.12 - Emissões de dióxido de carbono.**

Consumos	Edifício [kWh <sub>EP</sub> /ano]	kg CO <sub>2</sub> /ano
AQS	110.890,368	8.851,56
Aquecimento	299.905,55	18.194,02
Arrefecimento	80.366,00	11.572,70
Iluminação	153.570,35	22.114,13
Outros	10.530,95	1.516,46
IEE <sub>T</sub>	316.821,00	4.8052,54
<b>TOTAL</b>	<b>972.084,22</b>	<b>110.301,41</b>

Determinados todos os indicadores apresentados até aqui, obteve-se o certificado energético para o edifício (Figura 3.19).

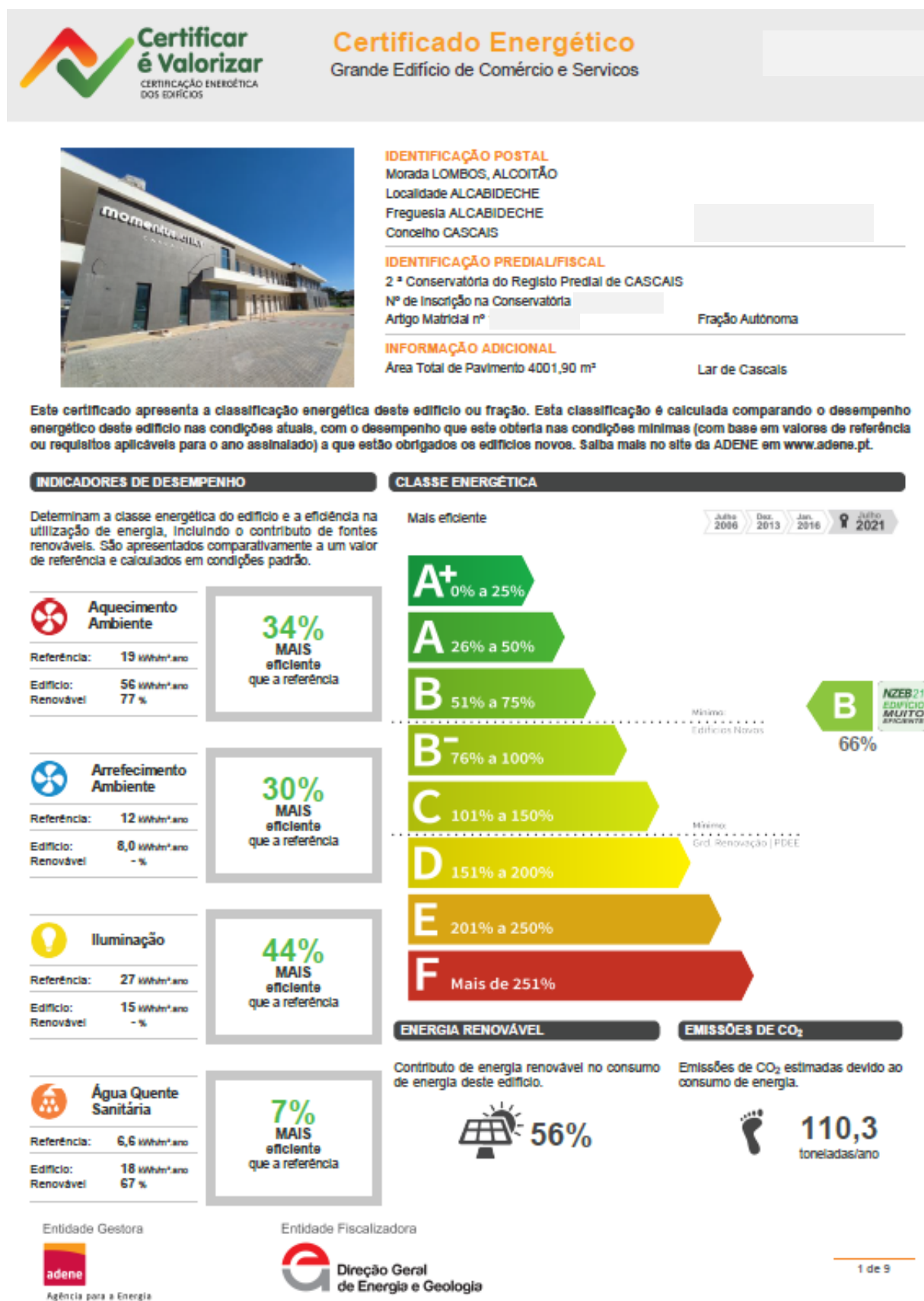


Figura 3.19 - Capa do certificado energético.

## **4. Análise da viabilidade técnico-económica da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável**

Após a determinação da classe energética e da verificação do desempenho do lar de idosos, segue-se a análise da viabilidade técnico-económica da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável, com a qual se pretende otimizar o desempenho energético do edifício. Para o efeito, avalia-se o impacto das alterações correspondentes no modelo de simulação na redução dos consumos energéticos e, posteriormente, faz-se a análise económica e o estudo de viabilidade da medida sugerida.

A análise económica implica a obtenção de uma estimativa de custos da implementação da integração de um sistema de autoconsumo de energia renovável e a consideração dos custos das energias.

A comparação dos consumos do modelo previsto com os consumos do modelo de referência indica-nos o desempenho dos sistemas para uma dada função, onde se nota que a adoção de sistemas de produção de energia renovável pode traduzir-se numa redução significativa da fatura energética, uma vez que existe uma boa exposição solar, e esta, é compatível com o período de funcionamento do lar de idosos.

Posto isto, a medida a ser analisada é a implementação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo, de modo a reduzir as necessidades de consumo de energia eléctrica da rede.

No sistema fotovoltaico aproveita-se a radiação solar para a produção de electricidade. Este sistema necessita de painéis fotovoltaicos, um inversor de corrente, reguladores de carga, proteções para a rede eléctrica e cabos eléctricos. O painel fotovoltaico é capaz de gerar corrente contínua (CC), que por sua vez é convertida, pelo inversor de corrente, para corrente alternada (CA) para poder ser utilizada para autoconsumo pelos equipamentos eléctricos existentes. Caso no momento de produção de electricidade não exista consumo eléctrico, este excedente é injetado na rede de distribuição.

A energia produzida por um sistema solar fotovoltaico deve ser determinada com recurso ao programa de cálculo SCE.ER da DGEG (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Programa de cálculo SCE.ER, (DGEG, 2023b).

Sugere-se a aplicação dos painéis solares numa estrutura metálica fixa na cobertura do lar. Preconizou-se o estudo com a instalação de 110 módulos fotovoltaicos da marca Q.Peak Duo XL-G11.3 590 W (perfazendo um área total de 301,4 m<sup>2</sup>), organizados em 6 fileiras (*strings*), com inclinação de 30° e orientação 0°, com potência nominal da instalação de 64,9 kW e tensão nominal de 272 V. Com estas condições, a estimativa da energia elétrica produzida é de 109076 kWh/ano (Figura 4.2).

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
<b>Sumário</b>																			
Instalação em LAR (Cascais)			energia solar incidente: 585 173 kWh/ano			<u>Índices de desempenho</u>													
301,4 m <sup>2</sup> de módulos Q,PEAK DUO XL 590W			produção fotovoltaica potencial (DC): 119 861 kWh/ano			produtividade técnica: 1611 kWh/kW instalado													
montagem fixa			perdas de sistema (DC): -3 221 kWh/ano			aproveitado: 502 kWh/kW instalado													
com inclinação 30° e orientação 0°.			perdas e consumos parasiticos (AC): -4 065 kWh/ano			rendimento relativo: 84% ( <i>performance ratio</i> )													
Potência: 64,9 kW (nominal)			produção (AC): 109 076 kWh/ano			i.e. 18% da energia incidente													
			autoconsumo (AC): 32 556 kWh/ano			necessidades cobertas: 60%													
<b>Local e clima</b>																			
NUTS III: Grande Lisboa			Município: Cascais			Local: LAR			elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico</b>																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 110 módulos Q,PEAK DUO XL 590W (301,4 m <sup>2</sup> ) com inclinação 30° e orientação 0°.																			
Potência nominal da instalação 64,9 kW; módulos organizados em 1 fileiras ( <i>strings</i> ). A tensão máxima é 45 V.																			
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).																			
Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.																			
Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).																			
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.																			
Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).																			
Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Consumos parasiticos: 0,19 kWh/ano para ventilação.																			
Sem baterias.																			
Sistema explorado em regime de autoconsumo.																			

Figura 4.2 - Relatório de simulação de um sistema solar fotovoltaico, obtido pelo SCE.ER.

Os resultados obtidos do SCE.ER estão representados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1 - Resultados obtidos do desempenho do sistema fotovoltaico.**

Desempenho do sistema fotovoltaico	
Energia solar incidente	585.173 kWh/ano
Potencial de produção fotovoltaica (CC)	119.861 kWh/ano
Perdas do sistema (CC)	-3.221 kWh/ano
Perdas e consumos parasitas (CA)	-4.065 kWh/ano
Produção (CA)	109.076 kWh/ano
Autoconsumo (CA)	109.076 kWh/ano

Assim, o investimento previsto para a instalação do sistema descrito, ronda os 58.500 €, representando uma poupança económica de 18.542,20 €/ano, considerando que o valor da tarifa elétrica regulada é a 0,17 €/kWh.

De modo a avaliar a viabilidade económica, utiliza-se o período de retorno simples (PRS), que se refere a um método simples de avaliação do risco de investimento de um projeto. Com este indicador, pretende-se verificar quanto tempo é necessário para repor o capital investido, de acordo com a equação (2.2). Aplicando a equação (2.2) a este caso de estudo, obtém-se um PRS de cerca de 3 anos.

Ao implementar esta medida de melhoria proposta, o  $R_{IEE}$  do edifício apresenta novos valores associados, apresentados na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 - Consumos globais para o edifício [kWh<sub>EP</sub>/ano].**

Valores de $R_{IEE}$	Edifício
$IEE_T$	79,17
$IEE_{pr-s}$	163,74
$IEE_{ren}$	123,86
$IEE_{ref-s}$	164,33
$R_{IEE}$	0,24

Visto que o valor obtido de  $R_{IEE}$  é de 0,24, a nova classificação energética do edifício em análise é a A+ (Figura 4.3).

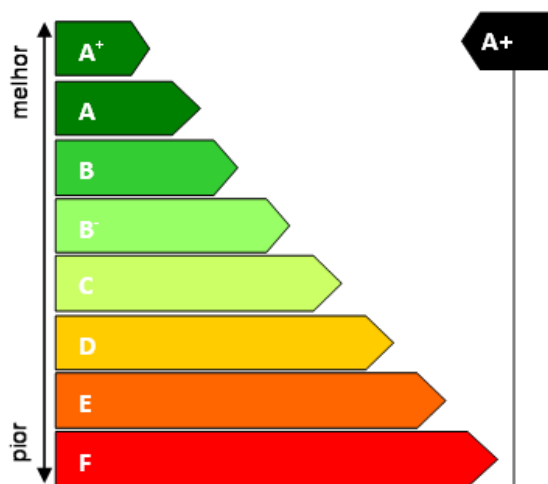


Figura 4.3 - Classificação energética final do edifício.

## 5. Considerações finais

Após a realização do relatório de estágio, com o desenvolvimento de um caso de estudo e análise do mesmo, é possível verificar o cumprimento de todos os objetivos apresentados.

De forma geral, o trabalho desenvolvido permitiu ter uma perceção clara de todas as tarefas inerentes à avaliação do desempenho energético de edifícios de comércio e serviços, da complexidade da obtenção dos dados necessários à construção do modelo de simulação e da análise a efetuar sobre os resultados obtidos. No caso específico do lar de Cascais, o trabalho desenvolvido permitiu avaliar o seu desempenho energético, mas também, ter uma noção do peso de cada consumidor no consumo energético global do edifício, bem como quantificar a influência de uma medida energética.

O relatório de estágio iniciou-se com a realização de um enquadramento legislativo relativo ao tema da certificação de edifícios. Este enquadramento inicial permitiu concluir que os requisitos térmicos e energéticos para os edifícios estão a tornar-se cada vez mais exigentes, o que por um lado, possibilitará tornar os edifícios energeticamente mais eficientes e, por outro lado, contribuirá para a sua autonomia energética, com a incorporação de energias renováveis. Também é possível concluir que este relatório apresenta uma base metodológica para o desenvolvimento de processos de avaliação do desempenho energético de edifícios e da certificação energética de GES, uma vez que se desenvolveram todas as etapas necessárias para a obtenção de um certificado energético.

Visto que o objetivo principal deste relatório de estágio se prendeu com a avaliação do desempenho energético de um edifício, em particular, um lar de idosos, cabe referir que este apresenta, no âmbito do SCE, um desempenho energético classificado com a classe B. Para a obtenção deste resultado foi necessário desenvolver um modelo dinâmico representativo dos consumos energéticos do edifício em estudo, sendo este desenvolvido com o recurso à ferramenta computacional *DesignBuilder*.

Com a implementação da medida de melhoria, referente à incorporação de um sistema solar fotovoltaico, atinge-se uma classe energética A+. Este cenário permite ao investidor, ao fim de cerca de 3 anos poupar 18.543 €/ano.

## Bibliografia

- CINERGIA. (2023). *ENERGIA NO MEU PAÍS*. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- DGEG. (2023a). *Eficiência Energética*. Edifícios. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- DGEG. (2023b). *Energias Renováveis e Sustentabilidade*. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/sce-er/>
- DGEG, & ADENE. (2021). *Manual SCE*. <https://www.sce.pt/legislacao/>
- Diário da República, 1ª série. (2020). *Decreto-Lei nº 101-D/2020*.
- Fathalian, A., & Kargarsharifabad, H. (2018). Actual validation of energy simulation and investigation of energy management strategies (Case Study: An office building in Semnan, Iran). *Case Studies in Thermal Engineering*, 12, 510–516. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.06.007>
- Garg, V., Mathur, J., & Bhatia, A. (2020). *Building Energy Simulation; A Workbook Using DesignBuilder™; Second Edition*.
- Ghaleb, B., & Asif, M. (2022). Application of solar PV in commercial buildings: Utilizability of rooftops. *Energy and Buildings*, 257, 111774. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111774>
- Gholinia, M., Pourfallah, M., & Chamani, H. R. (2018). Numerical investigation of heat transfers in the water jacket of heavy duty diesel engine by considering boiling phenomenon. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12, 497–509. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.07.003>
- Jhumka, H., Yang, S., Gorse, C., Wilkinson, S., Yang, R., He, B.-J., Prasad, D., & Fiorito, F. (2023). Assessing heat transfer characteristics of building envelope deployed BIPV and resultant building energy consumption in a tropical climate. *Energy and Buildings*, 298, 113540. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2023.113540>

Maciej Serda, Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, ... (2013). فاطمی, ح. Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. *Uniwersytet Śląski*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>

Parlamento Europeu, & Conselho da União Europeia. (2002). *Directiva 2002/91/CE*.

Parlamento Europeu, & Conselho da União Europeia. (2010). *Directiva 2010/31/UE*.

Zhu, D., Hong, T., Yan, D., & Wang, C. (2013). A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1E. *Building Simulation*, 6(3), 323–335. <https://doi.org/10.1007/S12273-013-0126-7>



# **Anexos**

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m²)	Pé direito (m)	Volume (m³)
1	Arrumos/Limpeza	Armazéns	Armazém	Espaço interior não útil	Lar	8,13	2,50	20,33
2	Arrumos Tecnicos	Armazéns	Armazém	Espaço interior não útil	Lar	14,36	2,50	35,90
3	Cave	Armazéns	Armazém	Espaço interior não útil	Lar	230,27	2,50	575,68
4	Depósito águas	Armazéns	Armazém	Espaço interior não útil	Lar	14,04	2,50	35,10
5	S. Mortuária	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Enfermaria	Espaço interior útil	Lar	8,79	3,20	28,13
6	Vestiário M.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Balneários	Espaço interior útil	Lar	12,56	3,10	38,94
7	Vestiário F.	idosos e centros de dia (com dormida)	Balneários	Espaço interior útil	Lar	39,98	3,55	141,93
8	Arrumos	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	16,58	3,20	53,06
9	Circulação	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Átrio e circulações	Espaço interior útil	Lar	5,19	3,20	16,61
10	Circulação	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Átrio e circulações	Espaço interior útil	Lar	31,99	3,20	102,37
11	Copa	idosos e centros de dia (com dormida)	Copa	Espaço interior útil	Lar	10,80	3,20	34,56
12	Dispensa	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	20,94	3,20	67,01
13	Sala de funcionário	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Sala de convívio	Espaço interior útil	Lar	34,92	3,55	123,97
14	Ginásio	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de ginásio	Espaço interior útil	Lar	30,56	3,55	108,49
15	Fisioterapia	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de exames/tratamento (1)	Espaço interior útil	Lar	28,49	3,55	101,14
16	Sala de atividades lúdicas	idosos e centros de dia (com dormida)	Sala multiusos	Espaço interior útil	Lar	22,81	3,55	80,98
17	Cozinha	Cozinhas	Cozinha	Espaço interior útil	Lar	81,73	3,20	261,54
18	Gabinete médico	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Consultório médico	Espaço interior útil	Lar	8,17	3,10	25,33
19	Sala de tratamento	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de exames/tratamento (1)	Espaço interior útil	Lar	31,02	3,10	96,16
20	Sala de refeições	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de refeições	Espaço interior útil	Lar	308,63	3,20	987,62
21	Sala de estar	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de repouso	Espaço interior útil	Lar	19,36	3,10	60,02
22	Escadas	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Escadas	Espaço interior útil	Lar	20,17	0,00	0,00
23	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	3,44	3,10	10,66
24	Sala de reuniões	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Sala de reuniões	Espaço interior útil	Lar	15,69	3,10	48,64
25	Gabinete direção	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Gabinetes	Espaço interior útil	Lar	20,15	3,10	62,47
26	Circulação	idosos e centros de dia (com dormida)	Átrio e circulações	Espaço interior útil	Lar	106,27	3,10	329,44
27	Bastidores	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	5,04	3,10	15,62
28	Elevador	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Ascensores	Espaço interior útil	Lar	4,81	0,00	0,00
29	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	3,33	3,10	10,32
30	Pia Hosp	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Balneários	Espaço interior útil	Lar	5,27	3,10	16,34
31	Cabeleireiro	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Sala de cabeleireiro e similares	Espaço interior útil	Lar	30,44	3,10	94,36
32	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,52	3,10	7,81
33	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,52	3,10	7,81
34	I.S.F.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	4,45	3,10	13,80
35	I.S.F.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	6,13	3,10	19,00
36	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
37	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
38	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
39	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
40	I.S.	idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
41	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
42	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
43	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
44	Banho geriátrico	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Balneários	Espaço interior útil	Lar	9,74	3,10	30,19
45	Elevador	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Ascensores	Espaço interior útil	Lar	4,81	8,25	39,68
46	Arrumos	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	4,99	3,10	15,47
47	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
48	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
49	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
50	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
51	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
52	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
53	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	14,65	3,10	45,42
54	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
55	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m²)	Pé direito (m)	Volume (m³)
56	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	14,65	3,10	45,42
57	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
58	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
59	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
60	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
61	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,10	48,36
62	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
63	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
64	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
65	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
66	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
67	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
68	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
69	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
70	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
71	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
72	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
73	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
74	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
75	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
76	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
77	Circulação	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Átiro e circulações	Espaço interior útil	Lar	60,86	3,10	188,67
78	Circulação	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Átiro e circulações	Espaço interior útil	Lar	113,09	3,10	350,58
79	Quarto duplo	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
80	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
81	Sala de estar	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Salas de repouso	Espaço interior útil	Lar	14,85	3,10	46,04
82	Quarto duplo	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,53	3,10	66,74
83	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,89	3,10	18,26
84	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,89	3,10	18,26
85	Quarto duplo	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,53	3,10	66,74
86	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
87	Quarto duplo	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
88	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	22,44	3,10	69,56
89	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
90	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
91	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	22,80	3,10	70,68
92	Quarto	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,84	3,10	67,70
93	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
94	I.S.	idosos e centros de dia Centros de apoio a	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
95	Quarto	idosos e centros de dia (com dormida)	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,87	3,10	67,80

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
96	circulação	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Átrio e circulações	Espaço interior útil	Lar	48,12	3,10	149,17
97	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
98	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
99	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
100	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,87	3,10	67,80
101	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	21,25	3,10	65,88
102	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
103	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
104	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
105	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,48	3,10	47,99
106	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
107	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
108	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
109	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
110	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
111	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,42	3,10	47,80
112	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
113	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,48	3,10	47,99
114	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
115	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,48	3,10	47,99
116	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
117	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
118	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
119	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
120	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
121	Circulação	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Átrio e circulações	Espaço interior útil	Lar	52,62	3,10	163,12
122	Sala de estar	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Salas de repouso	Espaço interior útil	Lar	340,37	3,10	1055,15
123	Sala de estar	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Salas de repouso	Espaço interior útil	Lar	30,82	3,10	95,54
124	Sala de atividades	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	Espaço interior útil	Lar	24,94	3,10	77,31
125	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
126	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
127	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	23,11	3,10	71,64
128	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	6,35	3,10	19,69
129	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	6,04	3,10	18,72
130	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,96	3,10	68,08
131	Sala de estar	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Salas de repouso	Espaço interior útil	Lar	17,03	3,10	52,79
132	Sala	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	2,88	3,10	8,93
133	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	6,24	3,10	19,34
134	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	22,60	3,10	70,06
135	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	6,04	3,10	18,72
136	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,92	3,10	18,35
137	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	20,20	3,10	62,62
138	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
139	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
140	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
141	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,41	3,10	7,47
142	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,45	3,10	7,60
143	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,44	3,10	7,56
144	I.S.M.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	5,13	3,10	15,90
145	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	4,34	3,10	13,45
146	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,57	3,10	7,97
147	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,52	3,10	7,81
148	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,42	3,10	7,50
149	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,52	3,10	7,81
150	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	2,50	3,10	7,75

## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
151	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	3,43	3,10	10,63
152	Bastidores	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	5,04	3,10	15,62
153	Pia Hosp	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária pública	Espaço interior útil	Lar	5,56	3,10	17,24
154	Arrumos	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	10,26	3,10	31,81
155	Sala de apoio	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Salas de trabalho de apoio	Espaço interior útil	Lar	18,67	3,10	57,88
156	Banho geriátrico	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Balneários	Espaço interior útil	Lar	9,75	3,10	30,23
157	Arrumos	Armazéns	Armazém	Espaço interior útil	Lar	4,99	3,10	15,47
158	Escadas	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Escadas	Espaço interior útil	Lar	27,64	8,25	228,03
159	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,20	16,16
160	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,58	3,20	49,86
161	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,20	49,92
162	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,20	16,16
163	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,20	16,16
164	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	15,60	3,20	49,92
165	Quarto	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Quarto individual	Espaço interior útil	Lar	14,65	3,20	46,88



## Anexo I

### Caracterização dimensional e descrição das tipologias do edifício

#Espaço	Espaço	Tipologia	Atividade	Caracterização do espaço	Corpo	Área do Pavimento (m²)	Pé direito (m)	Volume (m³)
206	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
207	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,86	3,10	67,77
208	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,92	3,10	67,95
209	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,04	3,10	15,62
210	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
211	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
212	Quarto duplo	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Quarto duplo	Espaço interior útil	Lar	21,90	3,10	67,89
213	I.S.	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Instalação sanitária privada	Espaço interior útil	Lar	5,05	3,10	15,66
214	Circulação	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Átριο e circulações	Espaço interior útil	Lar	87,15	3,10	270,17
215	Área técnica	Armazéns	Armazém	Espaço interior não útil	Lar	15,98	2,25	35,96
216	circulação	Centros de apoio a idosos e centros de dia	Átριο e circulações	Espaço interior útil	Lar	4,24	2,25	9,54
217	Escadas	Centros de apoio a idosos e centros de dia (com dormida)	Escadas	Espaço interior não útil	Lar	7,68	0,00	0,00

<b>TOTAL</b>	<b>4001,90</b>	<b>12429,83</b>
<b>Pé direito médio</b>	<b>3,11</b>	







## Anexo III

### Indicador de Eficiência Energética do tipo T (IEE<sub>T</sub>) do Edifício

Equipamento	Potência equipamentos (kW)	Horas de funcionamento (h/ano)	Fonte de Energia	Total Consumo (kWh/Ano)
Aquecimento e arrefecimento em EINU	1,78	2 920,00	Eletricidade	5197,60
Ventilação em EINU e hotte	2,20	1 460,00	Eletricidade	3212,00
Bombagem - climatização em EINU				0,00
Equipamentos de frio	3,64	1 095,00	Eletricidade	3985,80
Iluminação dedicada, emergência e exterior	1,44	5 400,00	Eletricidade	7789,50
Instalações de elevação	12,90	730,00	Eletricidade	9417,00
Outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do Tipo S				0,00

EIU - Espaço Interior Útil / EINU - Espaço Interior Não Útil

#### Outros Equipamentos

Horas de funci. (h/ano) 730		Horas de funci. (h/ano) 730		Horas de funci. (h/ano) 365	
Cozinha		Cozinha		Cozinha	
Fonte de Energia	Gás Natural	Fonte de Energia	Eletricidade	Fonte de Energia	Eletricidade
Designação	Potência (kW)	Designação	Potência (kW)	Designação	Potência (kW)
Fogão 4x (2x)	57,40	Fritadeira (x2)	24	máq. Café	3,6
		Fiambreira	0,37	moinho	0,4
		Descascador de batatas	1,1		
		Batedeira	0,75		
		MLL	14,51		
		Panela	22		
		Grelhador	8,16		
		Chapa	10		
		Forno	19,2		
		outros equipamentos	5,6		
<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>41902</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>77153,7</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>1460</b>

#### Outros Equipamentos

Horas de funci. (h/ano) 8760		Horas de funci. (h/ano)		Horas de funci. (h/ano)	
Fonte de Energia		Fonte de Energia		Fonte de Energia	
eletrorotor de insetos	Eletricidade	Potência (kW)	Potência (kW)	Potência (kW)	Potência (kW)
<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>1752</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>0</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>0</b>
<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>0</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>0</b>	<b>Total Consumo (kWh/Ano)</b>	<b>0</b>

Fonte de Energia	E (kWh / Ano)	kWh <sub>EP</sub> / Ano	kg CO <sub>2</sub> / Ano
Aerotermia (Bomba de Calor)	0,00	0,00	0,00
Biomassa Gasosa	0,00	0,00	0,00
Biomassa Líquida	0,00	0,00	0,00
Biomassa Sólida	0,00	0,00	0,00
Eletricidade	109967,60	274919,00	39588,34
Eólica	0,00	0,00	0,00
Gás Butano	0,00	0,00	0,00
Gás Natural	41902,00	41902,00	8464,20
Gás Propano	0,00	0,00	0,00
Gasóleo	0,00	0,00	0,00
Geotermia (Bomba de Calor)	0,00	0,00	0,00
Geotérmica	0,00	0,00	0,00
Hídrica	0,00	0,00	0,00
Redes urbanas - Climaespaço	0,00	0,00	0,00
Solar	0,00	0,00	0,00
Cogeração	0,00	0,00	0,00
Trigeração	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>151 869,60</b>	<b>316 821,00</b>	<b>48 052,54</b>

E (kWh/m <sup>2</sup> ano)	37,949	IEE <sub>T</sub>
		E (kWh <sub>EP</sub> / Ano)
		316 821,00
		Final IEE <sub>T</sub>
		E (kWh <sub>EP</sub> / m <sup>2</sup> .Ano)
		79,2