



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Inês Alexandre Correia Machado

**Análise dos Indicadores de Conforto Térmico
e de Redução do Consumo de Energia e
Emissões de CO₂ no Âmbito da Certificação
*BREEAM***



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Inês Alexandre Correia Machado

**Análise dos Indicadores de Conforto Térmico
e de Redução do Consumo de Energia e
Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação
*BREEAM***

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Área de especialização em Tecnologias Energéticas e
Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor Luís António Sousa Barreiros Martins

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial

CC BY-NC

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A presente Dissertação não teria sido possível sem o apoio académico, profissional e emocional de inúmeras pessoas que generosamente me ajudaram a concluir esta etapa.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Doutor Luís Martins, por toda a paciência, orientação e apoio facultado.

Agradeço sinceramente aos meus colegas de empresa por todo o ambiente que me proporcionaram para a realização deste projeto. Obrigada por toda a ajuda, por todo o conhecimento, paciência e principalmente, obrigada pelo encorajamento na finalização da Dissertação.

De seguida, agradeço aos meus amigos por terem tornado o meu percurso académico incrível, uma grande experiência que nunca vou esquecer. Amigos, um brinde a nós por sermos a próxima geração de engenheiros. Um especial agradecimento aos meus colegas Rita Simões e Christian Deger por terem sido uma ajuda imprescindível para a realização da minha dissertação.

Acima de tudo e todos, gostaria de agradecer à minha família, em especial, aos meus pais, padrasto e irmãs. Sem vocês não seria a pessoa que sou atualmente, da qual sinto orgulho em dizer que me tornei uma grande engenheira. Obrigada por todo apoio e por investirem no meu percurso académico.

Por fim, agradeço ao Manuel Gonçalves por me tornar uma pessoa melhor todos os dias e por ter estado ao meu lado durante toda esta etapa.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O crescente consumo energético e populacional provocou várias adversidades, tendo-se adotado medidas como a criação de documentos legislativos que promovem o conforto térmico e a eficiência energética dos edifícios. Apesar de existirem vários setores da sociedade que contribuem para os gastos energéticos, na União Europeia 40% corresponde ao setor dos edifícios.

Neste contexto, surgiu a certificação BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), que visa a avaliação do desempenho ambiental, económico e social dos edifícios, em diversas categorias e através da determinação de indicadores. Assim, desenvolveu-se o projeto de um pequeno edifício de comércio e serviços, a “Garland”, na empresa “One Engenharia”, com o intuito de avaliar os indicadores do conforto térmico e da redução de consumo de energia e de emissões de CO₂.

O estudo do conforto térmico do edifício deu-se em três etapas. Nas duas primeiras recorreu-se aos índices de *Fanger*, com o intuito de estudar as condições interiores no clima atual e possíveis alterações climáticas. Na terceira etapa, os espaços foram divididos por cinco zonas térmicas, em função dos sistemas de AVAC. Além desta, o processo de controlo dos sistemas foi pormenorizado, garantindo que estes eram devidamente feitos. Os resultados obtidos indicam que o edifício apresenta um nível elevado de conforto térmico.

Por fim, após o cálculo dos parâmetros das necessidades energéticas, consumo de energia primária e emissões de CO₂ por meio de várias simulações, recorreu-se à metodologia de cálculo presente num dos esquemas BREEAM, relativo ao indicador da redução de consumo de energia e de emissões de CO₂. Assim, o edifício demonstrou ser energeticamente eficiente.

Conclui-se que o edifício foi projetado para satisfazer as necessidades térmicas dos seus ocupantes, conferindo-lhes bem-estar e maior produtividade. Todas as soluções adotadas na envolvente, nos sistemas técnicos e a adoção de energias renováveis para autoconsumo, garantem o desempenho energético expectável para um edifício sustentável.

PALAVRAS-CHAVE

BREEAM, CONFORTO TÉRMICO, ÍNDICES DE FANGER, DESEMPENHO ENERGÉTICO, EMISSÕES DE CO₂

ABSTRACT

The growing energy and population consumption caused several adversities, and measures such as the creation of legislative documents that promote the thermal comfort and energy efficiency of buildings were adopted. Although there are several sectors of society that contribute to energy costs, in the European Union 40% corresponds to the buildings sector.

In this context, the BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) certification emerged, which aims to evaluate the environmental, economic and social performance of buildings, in several categories and through the determination of indicators. Thus, the project of a small commercial and service building, "Garland", was developed in the company "One Engenharia", in order to evaluate the indicators of thermal comfort and reduction of energy consumption and CO₂ emissions.

The study of the thermal comfort of the building was carried out in three stages. In the first two, the Fanger indices were used in order to study the interior conditions in the current climate and possible climate changes. In the third stage, the spaces were divided into five thermal zones, depending on the HVAC systems. In addition, the process of controlling the systems was detailed, ensuring that they were properly done. The results indicate that the building has a high level of thermal comfort.

Finally, after the calculation of the parameters of energy needs, primary energy consumption and CO₂ emissions through various simulations, the calculation methodology present in one of the BREEAM schemes was used, regarding the indicator of reduction of energy consumption and CO₂ emissions. That said, the building has been shown to be energy efficient.

It is concluded that the building was designed to meet the thermal needs of its occupants, giving them well-being and greater productivity. All the solutions adopted in the building's surroundings, in the technical systems and the adoption of renewable energies for self-consumption, guarantee the expected energy performance for a sustainable building.

KEYWORDS

BREEAM, THERMAL COMFORT, FANGER INDICES, ENERGY PERFORMANCE, CO₂ EMISSIONS

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Acrónimos, Símbolos e Letras Gregas.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento Teórico.....	1
1.2. Objetivos e Justificação do Tema	5
1.3. Apresentação da Empresa.....	7
1.4. Organização do Trabalho.....	7
2. Revisão Bibliográfica	9
2.1. Enquadramento Regulamentar Nacional	9
2.1.1. Decreto-Lei nº 40/90 e Decreto-Lei nº 118/98	9
2.1.2. Decreto-Lei nº 78/2006, Decreto-Lei nº 79/2006 e Decreto-Lei nº 80/2006....	10
2.1.3. Decreto-Lei nº 118/2013.....	11
2.1.1. Decreto-Lei nº 101-D/2020	13
2.2. Conforto Térmico.....	16
2.2.1. Fenómenos de Transmissão de Calor	17
2.2.2. Fatores que Afetam o Conforto Térmico	18
2.2.3. Modelo de Fanger	19
2.2.1. Enquadramento Regulamentar Internacional	22

3.	Certificação <i>BREEAM</i>	25
3.1.	Hea 04 – <i>Thermal Comfort</i> (Conforto Térmico)	31
3.2.	Ene 01 – <i>Reduction of Energy Use and Carbon</i> (Redução do Consumo de Energia e Carbono)	34
3.3.	Ferramenta de Simulação Dinâmico Multizona - <i>DesignBuilder</i>	37
4.	Caso de Estudo	40
4.1.	Caracterização do Edifício.....	48
4.1.1.	Tipologia do edifício e Categoria dos espaços	48
4.1.2.	Marcação da Envolvente	52
4.2.	Zoneamento Climático	56
4.3.	Envolvente Opaca	58
4.3.1.	Envolvente Opaca Exterior	59
4.3.2.	Envolvente Opaca Interior	62
4.3.3.	Pavimentos Têrreos.....	64
4.4.	Envolvente Envidraçada	65
4.5.	Inércia Térmica	67
4.6.	Sistemas Técnicos	68
4.6.1.	Sistemas de Climatização (AVAC).....	69
4.6.2.	Sistema de Ventilação	75
4.6.3.	Águas Quentes e Sanitárias (AQS).....	77
4.6.4.	Iluminação	78
4.6.5.	Bombas Circuladoras.....	79
4.7.	Solar Fotovoltaico	80
4.8.	Meios de Elevação	83
4.9.	Outros Equipamentos.....	84
5.	Dados de Entrada na Simulação Dinâmica Multizona	85
5.1.	Construção do Modelo Computacional.....	85

5.2.	Ficheiro Climático	88
5.3.	Perfis de Funcionamento.....	88
5.3.1.	Perfil de Ocupação	89
5.3.2.	Perfil de Iluminação.....	90
5.3.3.	Perfil de Equipamentos	92
5.3.4.	Perfil de Climatização	93
5.3.5.	Perfil de Vestuário	93
5.4.	Dados de Entrada para a Simulação Ano +50.....	94
5.5.	Dados de Entrada para a Simulação do Edifício de Referência.....	95
5.6.	Dados de Entrada para a Simulação do Edifício <i>BREEAM</i>	96
6.	Discussão de Resultados	98
6.1.	Cálculo dos Indicadores <i>BREEAM</i>	98
6.1.1.	Análise do Indicador Hea 04 – Conforto Térmico	98
6.1.2.	Análise do Indicador Ene 01 – Redução de Consumo de Energia e Emissões de CO ₂	106
6.2.	Estudo da Metodologia de Avaliação da Certificação SCE	108
6.3.	Análise da Viabilidade do Edifício como <i>NZEB</i>	110
7.	Considerações finais.....	113
7.1.	Conclusões.....	114
7.2.	Perspetivas e Trabalhos Futuros	119
	Referências.....	121
	Apêndices	127
	Apêndice A Especificações das melhores Práticas do Edifício <i>BREEAM</i>	128
	Apêndice B Alçados da Zona Administrativa.....	129
	Apêndice C Ficha Técnica	131
	Anexos.....	149

Anexo A	Requisitos para a SDM dos Edifícios	150
Anexo B	Tipologia dos Espaços	156
Anexo C	Coeficiente de Redução	159
Anexo D	Caracterização da Envolvente Opaca e cálculo dos coeficientes de transmissão térmica	163
Anexo E	Cálculos de Verificação do Fator Solar dos Envidraçados	171
Anexo F	Cálculos da Inércia Térmica	176
Anexo G	Caudal Mínimo de Ar Novo por Espaço	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do CEP de acordo com a Diretiva n.º 2012/27/UE da Eficiência Energética [13]	5
Figura 2 - Evolução Legislativa em Portugal e na UE	9
Figura 3 - Legislação que vigorava em 2013 [21].....	12
Figura 4 - Relação entre os índices de <i>Fanger</i> , o índice PMV e o índice PPD [32]	22
Figura 5 - Ciclo de vida dos edifícios [34].....	25
Figura 6 - Menu do <i>DesignBuilder</i>	38
Figura 7 - Modelação detalhada dos sistemas de AVAC e ventilação no DesignBuilder.	39
Figura 8 - Imagem aérea do terreno onde o edifício se encontra em construção.....	40
Figura 9 - Localização do edifício	41
Figura 10 - Planta Geral do Piso 0.....	42
Figura 11 - Planta aproximada do Piso 0 (zona administrativa).	43
Figura 12 - Planta do Piso 1.....	44
Figura 13 - Planta do Piso 2.....	45
Figura 14 - Planta do Piso 3.....	46
Figura 15 - Planta da Portaria.	47
Figura 16 - Exemplo de Tramas a usar para identificar as coberturas e os pavimentos, respetivamente	53
Figura 17 - Marcação da envolvente do piso 0 da zona administrativa	53
Figura 18 - Marcação da envolvente do piso 1 da zona administrativa	54
Figura 19 - Marcação da envolvente do piso 2 da zona administrativa	54
Figura 20 - Marcação da envolvente do piso 3 da zona administrativa	55
Figura 21 - Marcação da envolvente na portaria a) pavimento e b) cobertura	55
Figura 22 - Imagem panorâmica da modelação 3D.....	81
Figura 23 - Meio de ascensão do grupo GRUPNOR [64].....	83
Figura 24 - Modelação computacional da Garland Valadares no programa <i>DesignBuilder</i>	86

Figura 25 - Vistas aproximadas da modelação 3D da zona administrativa (a) Vista da fachada a sudoeste e (b) Vista da fachada a noroeste	87
Figura 26 - Vistas aproximadas da modelação 3D da portaria (a) vista das fachadas a norte e b) vista das fachadas a sul	87
Figura 27 – Aspeto da folha de cálculo "SCE_Clima_V1.0"	88
Figura 28 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação para a generalidade da zona administrativa	89
Figura 29 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação dos balneários	89
Figura 30 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação da cantina.....	90
Figura 31 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação para a generalidade da zona administrativa	90
Figura 32 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação dos balneários.....	90
Figura 33 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação da cantina	91
Figura 34 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação do armazém	91
Figura 35 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano, (b) Perfil de equipamentos para a generalidade da zona administrativa durante a semana e (c) Perfil de equipamentos para a generalidade da zona administrativa durante o fim de semana.....	92
Figura 36 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de equipamentos da cantina	92
Figura 37 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de Climatização para a generalidade do edifício	93
Figura 38 - Layout do <i>DesignBuilder</i> : (a) Atribuição do perfil de vestuário aos dias da semana e meses do ano para a generalidade do edifício	94
Figura 39 - Resultados do PMV do ano 0 (<i>EnergyPlus</i>).....	101
Figura 40 - Resultados do PPD do ano 0 (<i>EnergyPlus</i>).....	102
Figura 41 - Alçado Norte da Zona Administrativa.....	129

Figura 42 - Alçado Oeste da Zona Administrativa	129
Figura 43 - Alçado Sul da Zona Administrativa	130

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Metas para as emissões setoriais em Portugal, segundo o PNEC 2023/Lei de Bases do Clima [12]	4
Tabela 2 - Requisitos impostos pelo Decreto-Lei nº 101-D/2020	15
Tabela 3 - Escala de sete níveis de sensação térmica e o valor de PPD associado	21
Tabela 4 - Taxas metabólicas em função das atividades realizadas [32]	23
Tabela 5 - Categorias de ambiente térmico definidas por Fanger [32]	23
Tabela 6 - Valor da resistência térmica da roupa para cada peça de vestuário [33]	24
Tabela 7 - Seções ambientais e questões de avaliação do <i>BREEAM International New Construction</i> 2016 [14]	27
Tabela 8 - Classificação <i>BREEAM</i> de acordo com a pontuação obtida.....	30
Tabela 9 - Escala de referência de EPR_{INC} do indicador Ene 01 [14].....	34
Tabela 10 - Tipologia dos espaços e dados que os caracterizam	50
Tabela 11 - Condições de fronteira e as respetivas cores para a delimitação na envolvente.....	52
Tabela 12 - Estação de Aquecimento	56
Tabela 13 - Estação de Arrefecimento.....	58
Tabela 14 - Determinação do U das paredes exteriores do tipo PDEO2 e PDEO5.....	60
Tabela 15 - Determinação do U da cobertura exterior do tipo CBEO2	61
Tabela 16 - Determinação do U do elemento vertical interior	63
Tabela 17 - Determinação do U do elemento horizontal interior	64
Tabela 18 - Determinação do U do pavimento térreo do tipo PVTO1	65
Tabela 19 - Constituição dos envidraçados.	66
Tabela 20 – Classe de inércia térmica segundo o valor de I_t	68
Tabela 21 - Características técnicas da unidade do tipo VRV utilizada	70
Tabela 22 - Características técnicas das unidades do tipo split utilizadas	72
Tabela 23 - Características técnicas das unidades do tipo split usada na portaria	73
Tabela 24 - Características técnicas das unidades do tipo Bomba de calor	74
Tabela 25 - Características técnicas da UTAN.....	76
Tabela 26 - Características técnicas do ventilador de extração	77
Tabela 27 - Características técnicas do Hydro Kit.....	78

Tabela 28 - Quantidades e potências da iluminação interior.....	78
Tabela 29 - Quantidades e potências das diferentes luminárias utilizadas para iluminação exterior	79
Tabela 30 - Bomba circuladora presente no circuito primário do AQS.....	80
Tabela 31 - Impacto da aplicação do sistema fotovoltaico no consumo de energia derivado de fontes não renováveis.....	82
Tabela 32 - Dados introduzidos no programa para a simulação do edifício de referência	95
Tabela 33 - Dados introduzidos no programa para a simulação do edifício <i>BREEAM</i> ; ..	96
Tabela 34 - Índice PMV da modelação térmica inicial, por espaço. Objetivo: -0,5 a 0,598	
Tabela 35 - Índice PPD da modelação térmica inicial, por espaço. Objetivo: < 10%.....	99
Tabela 36 - Índice PMV da modelação térmica inicial global	100
Tabela 37 - Índice PPD da modelação térmica inicial global	100
Tabela 38 - Índice PMV da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos, por espaço	102
Tabela 39 - Índice PPD da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos, por espaço	103
Tabela 40 - Índice PMV da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos	104
Tabela 41 - Índice PPD da modelação com alterações climáticas	104
Tabela 42 - Parâmetros de avaliação do indicador da redução de consumo de energia e emissões de CO ₂	106
Tabela 43 - Classificação SCE de acordo com o rácio de edifícios de comércio e serviço obtido [66].....	108
Tabela 44 – Resultados das simulações para os diferentes tipos de consumos e edifícios.	109
Tabela 45 - Requisitos a cumprir para um edifício NZEB [25].	110
Tabela 46 - Requisitos para a simulação dinâmica multizona do edifício previsto	150
Tabela 47 - Requisitos para a simulação dinâmica multizona do edifício referência ..	153
Tabela 48 - Tipologia dos espaços em edifícios de comércio e serviço [67]	156
Tabela 49 - Tipologia dos espaços para situações particulares	158
Tabela 50 - Coeficiente de Redução	159

Tabela 51 - Metodologia de cálculo do coeficiente de redução	160
Tabela 52 - Determinação do U das paredes exteriores da zona administrativa.....	163
Tabela 53 - Determinação do U da parede exterior da portaria	164
Tabela 54 - Determinação do U das paredes exteriores do Armazém.....	165
Tabela 55 - Determinação do U da cobertura exterior da zona administrativa.....	165
Tabela 56 - Determinação do U da cobertura exterior do armazém	166
Tabela 57 - Determinação do U das paredes interiores	167
Tabela 58 - Determinação do U do pavimento interior.....	169
Tabela 59 - Determinação do U do pavimento térreo da portaria.....	169
Tabela 60 - Determinação do U do pavimento térreo do armazém	170
Tabela 61 - Verificação do fator solar dos envidraçados escolhidos para a Garland ...	171
Tabela 62 - Método de cálculo da inércia térmica e das respetivas variáveis	176

LISTA DE ACRÓNIMOS, SÍMBOLOS E LETRAS GREGAS

Acrónimos	Designação
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;</i>
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado;
BRE	<i>Building Research Establishment;</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method;</i>
CDSM	Cálculo dinâmico simplificado multizona;
CEP	Consumo de energia primária;
DEE	Desempenho energético dos edifícios;
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive;</i>
GEE	Gases de efeito estufa;
GES	Grandes edifícios de serviço;
ISO	<i>International Organization for Standardization;</i>
NCM	<i>National Calculation Methodology;</i>
NZEB	<i>Nearly zero energy building;</i>
NUTS	Nomenclatura das unidades territoriais;
PES	Pequeno edifício de serviço;
PMV	<i>Predicted mean vote;</i>
PPD	<i>Predicted percentage of dissatisfied;</i>
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;
PNAER	Plano Nacional de Ação para Energias Renováveis;
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima;
QAI	Qualidade de ar interior;
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
RECS	Regulamento de Edifícios de Comércio e Serviço;
REH	Regulamento de Edifícios de Habitação;
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica;

RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
SI	Sistema internacional;
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do ar interior nos Edifícios;
SDM	Simulação dinâmica multizona;
UTAN	Unidades de tratamento de ar novo;
VAV	Volume de ar variável;
ZEB	<i>Zero energy building.</i>

Símbolos	Designação	Unidade
a	Ajuste de altitude;	[Mês/km] [°C/km]
A_i	Soma das áreas dos elementos que separam o próprio espaço não útil dos espaços úteis;	[m ²]
A_p	Área útil de pavimento;	[m ²]
A_u	Soma das áreas dos elementos que separam o respetivo espaço não útil do exterior;	[m ²]
b_{ztu}	Coefficiente de redução;	[-]
$DPI_{100\text{ lx,máx}}$	Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx;	[(W/m ²)/100 lx]
EPR_{INC}	Índice de desempenho energético para novas construções internacionais;	[-]
$\bar{E}_{m\text{ req}}$	Iluminância média requerida;	[lx]
f	Índice do espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;	[-]
F	Índice do espaço interior não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas;	[-]
F_f	Fator de sombreamento por elementos opacos verticais sobrejacentes ao envidraçado;	[-]
F_0	Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado;	[-]
GD	Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18°C;	[°C]
GD_{ref}	Graus-dias à cota referênciã;	[°C]
G_{sul}	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul;	[KWh/(m ² .mês)]

Símbolos	Designação	Unidade
g_{vi}	Fator solar do vão envidraçado sem os dispositivos de proteção solar ativados;	[-]
g_{tot}	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;	[-]
g_{tot,máx}	Fator solar máximo;	[-]
g_{ref}	Fator solar de referência;	[-]
IEE_{pr,S}	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S	[kWhEP/(m ² .ano)]
IEE_{pr,ren}	Indicador de eficiência energética previsto renovável	[kWhEP/(m ² .ano)]
IEE_{ref,S}	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S	[kWhEP/(m ² .ano)]
I_t	Inércia Térmica;	[Kg/m ²]
M	Duração da estação de aquecimento;	[Meses]
M_{si}	Massa superficial útil do elemento construtivo;	[Kg/m ²]
n	Tradutor de desempenho;	[-]
NE	Nordeste;	[-]
NN	Norte;	[-]
NW	Noroeste;	[-]
Ren_{C&S}	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços	[-]
r_i	Fator de redução de M _{si} ;	[(m ² .°C)/W]
R_{IEE}	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviço	[-]
R_j	Resistência térmica da camada j;	[(m ² .°C)/W]
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior;	[(m ² .°C)/W]
R_{si}	Resistência térmica superficial interior;	[(m ² .°C)/W]
R_{tot}	Resistência térmica total;	[(m ² .°C)/W]
SE	Sudeste;	[-]
S_i	Área da superfície interior do elemento i;	[m ²]
SS	Sul;	[-]
SW	Sudoeste;	[-]
U	Coeficiente transmissão térmica;	[W/(m ² .°C)]
U_{máx}	Coeficiente transmissão térmica máximo;	[W/(m ² .°C)]
U_{ref}	Coeficiente transmissão térmica de referência;	[W/(m ² .°C)]

Símbolos	Designação	Unidade
$U_{W\text{DN}}$	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite;	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$
V_{enu}	Volume dos espaços interiores não úteis;	$[\text{m}^3]$
x	Relação de desempenho do edifício real com o de referência;	$[-]$
Y	Desempenho de cada parâmetro do indicador ENE01;	$[-]$
z	Altitude do edifício;	$[\text{m}]$
z_{ref}	Altitude de referência da região onde se encontra o edifício.	$[\text{m}]$

Letras Gregas	Designação	Unidade
α_{sol}	Absortância Solar;	
θ_{enu}	Temperatura dos espaços interiores não úteis;	$[\text{°C}]$
θ_{ext}	Temperatura do exterior;	$[\text{°C}]$
$\theta_{ext,i}$	Temperatura exterior média do mês mais frio;	$[\text{°C}]$
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média do mês mais quente:	$[\text{°C}]$
$\theta_{ext,v,ref}$	Temperatura exterior média do mês mais quente à cota referência:	$[\text{°C}]$
θ_{int}	Temperatura do interior.	$[\text{°C}]$

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Até à atualidade tem-se verificado uma evolução crescente nos gastos energéticos. Este tema é bastante complexo, pois varia de acordo com a região, com a tecnologia disponível e até mesmo com os avanços da sociedade.

Antes da Revolução Industrial, até meados do século XVIII (época da pré-industrialização), as atividades realizadas pelos seres humanos dependiam somente da energia do próprio corpo humano, dos animais e de algumas fontes naturais, tais como, a energia hidráulica e eólica. Era através destas fontes que as pessoas se alimentavam, sobreviviam às mudanças de temperatura, se deslocavam, construía m abrigos e muito mais.

A Revolução Industrial decorreu desde a segunda metade do século XVIII até aos finais do século XIX, e foi neste período que se começaram a fazer notar gastos energéticos significativos. Esta revolução ficou marcada pelo uso de máquinas a vapor, alimentadas principalmente por carvão. Num contexto de pouca exigência regulamentar, associado a um aumento do grau de exigência de conforto pela população, os consumos de energia aumentaram de forma notória não só na produção industrial, nos transportes, como no setor dos edifícios [1].

Nos edifícios verificou-se um uso intensivo do carvão para o aquecimento dos mesmos [2]. Quanto à iluminação, trocaram-se as fontes de iluminação tradicionais, como velas e lâmpadas a óleo, por iluminação a gás [3]. Estruturalmente, os edifícios evoluíram de forma significativa, pois passou-se a usar aço e ferro, o que permitiu a construção de edifícios altos e mais complexos [4]. Assim, à medida que a Revolução Industrial avançava, registou-se um aumento de gastos energéticos em edifícios tanto de habitação como de comércio e serviços.

O início do século XX ficou marcado pelo aumento do consumo de energia e pela dependência de combustíveis fósseis para gerar eletricidade. Na segunda metade do século XX, dependendo da região, houve uma transição para fontes de energia tais como o gás natural e a energia nuclear. Além destes, fez-se notar um aumento de consumo de petróleo.

Como consequência desta dependência energética e com o aumento exponencial da população, as reservas de combustíveis fósseis começaram a esgotar a um ritmo demasiado

elevado, em relação à sua regeneração. Além disto, o uso deste tipo de fontes de energia potenciou a libertação de CO₂, o que provocou um aumento do efeito de estufa na atmosfera.

Desde então houve um aumento significativo na consciencialização ambiental, pelo que um dos objetivos em comum, consiste na minimização dos impactos negativos no meio ambiente promovendo práticas sustentáveis, isto é, práticas que não comprometam os recursos disponíveis e o meio ambiente e, simultaneamente, permitam atender às necessidades das gerações atuais e futuras.

Neste seguimento, planos, medidas e políticas foram e têm vindo a ser desenvolvidos relativamente à eficiência energética. Em 1997 deu-se o tratado jurídico internacional, o Protocolo de Quioto [5]. Este tratado objetiva diminuir as emissões de GEE, por parte dos países desenvolvidos/industrializados. Embora tenha sido discutido e negociado neste ano, devido a retificações efetuadas pelos países apontados como principais responsáveis pelo aquecimento global (ou seja, maiores emissores de GEE), o Protocolo de Quioto apenas entrou em vigor em 2005 [6]. Apesar dos esforços para lidar com as mudanças climáticas, a falta de participação de alguns países tornou este tratado internacional pouco ou quase nada eficaz, pelo que em 2015 foi substituído pelo Acordo de Paris. O Acordo visa atingir a neutralidade carbónica em 2050 e limitar o aumento da temperatura média global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais [7].

A 10 de abril de 2013 foram aprovados o PNAEE (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) 2016 e o PNAER (Plano Nacional de Ação para Energias Renováveis) 2020. Ambos os planos de ação nacionais têm como finalidade reduzir o consumo de energia primária, contudo, um foca-se na eficiência energética e outro no uso de energias renováveis, respetivamente.

Através destes planos pretendia-se atingir os objetivos e metas que tinham sido definidas para Portugal, até 2020, metas essas que tinham sido definidas na Diretiva 2012/27/EU e na Diretiva 2009/28/CE [8] e [9].

Atualmente, existem dois instrumentos nacionais, o PNEC30 e o RNC50, que estão alinhados com as metas da UE relativamente às mudanças climáticas. Ambos foram desenvolvidos com a finalidade de guiar o país em direção a um futuro sustentável.

Através de uma análise à situação atual em Portugal, lançou-se, a 10 de julho de 2020, o PNEC (Plano Nacional de Energia e Clima) 2030, que estabelece as seguintes metas nacionais [8]:

- Redução de GEEs (gases de efeito estufa);
- Incorporação de energias renováveis;
- Eficiência energética;

Para que se verifique a realização das mesmas, o documento estabelece várias políticas e medidas que atuam em vários setores [10]. Relativamente ao setor dos edifícios, as medidas são:

- Redução da intensidade carbónica dos edifícios;
- Promoção da renovação energética do parque imobiliário;
- Implementação do conceito NZEB (*Nearly Zero Energy Buildings*);
- Transformação dos edifícios existentes para se tornarem edifícios NZEB.

Segundo o PNEC 30 as metas setoriais de redução de GEE são:

- 70% - setor dos serviços;
- 35% - setor residencial;
- 40% - setor dos transportes;
- 11% - setor da agricultura;
- 30% - setor dos resíduos e águas residuais.

Os valores apresentados no documento são valores expectáveis para 2030, relativamente às emissões registadas em 2005 [11].

O plano nacional, que veio substituir o PNAEE e o PNAE, é o principal instrumento para a gestão energética e climática no período de 2021-2030, pelo que está orientado para os objetivos a longo prazo de Portugal. Através da articulação do PNEC com o RNC 2050 (Roteiro para a Neutralidade Carbónica para 2050), o país ruma à neutralidade energética [8].

O RNC 2050 é um plano estratégico que demonstra o quão economicamente e tecnologicamente é viável atingir a neutralidade carbónica até 2050, contudo também explicita que para que isso aconteça, é necessário alterar o paradigma de utilização dos recursos. Por outras palavras, é necessário adotar uma economia circular, que se baseia num modelo económico de baixo carbono, que se sustenta em recursos renováveis e que evita o uso de combustíveis fósseis. Assim, o principal objetivo deste instrumento é reduzir as emissões entre 85-90%, face a 2005.

É expectável que os edifícios, tanto residenciais como os de comércio e serviço tenham uma forte participação na descarbonização. Apesar da procura por sistemas de climatização, e por outros usos elétricos associados a servidores, *clouds*, instalações luminotécnicas e muito mais, este setor apoia-se em ganhos de eficiência térmica com recurso a isolamento na envolvente opaca, energias renováveis, etc.

Na Tabela 1 é possível observar os dados mais recentes para Portugal, a nível setorial, das emissões de GEE, que correspondem ao ano de 2021. Na primeira coluna foram colocados os dados de emissões do ano 2005 e na terceira coluna pode-se observar, em percentagem, a diferença de emissões entre 2021 e 2005. Com exceção do setor de Agricultura, que engloba a agricultura, florestas e pesca, todos os outros encontram-se num bom caminho para cumprir as metas nacionais estabelecidas para 2030 no programa Nacional PNEC30.

Tabela 1 – Metas para as emissões setoriais em Portugal, segundo o PNEC 2023/Lei de Bases do Clima [12]

Setores	Emissões 2005 (kt CO ₂ eq)	Emissões 2021 (kt CO ₂ eq)	Variação 2021/2005	Metas 2030/ Lei do Clima
Transportes	19,947	15,914	-20%	-40%
Serviços	3,037	990	-67%	-70%
Residencial	2,784	2,054	-26%	-35%
Agricultura	8,290	8,621	4%	-11%
Resíduos	7,226	5,008	-31%	-30%
Total Nacional	86,676	56,524	-35%	-55%

O setor dos edifícios em 2021 emitiu 3044 *ktCO₂eq* (2054 *ktCO₂eq* e 990 *ktCO₂eq* na habitação e nos de comércio e serviço, respetivamente), o que correspondem a uma diminuição de 47,7% comparativamente com 2005 [12].

Relativamente ao consumo de energia primária, este tem vindo a diminuir. Apesar de apenas ter havido uma redução de 0,3%, relativamente a 2020, como se pode observar no Figura 1, os valores de consumo de energia primária (CEP) para 2021 já se encontram 7% abaixo do objetivo para 2030, imposto pelo Plano Nacional Integrado de Energia e Clima.

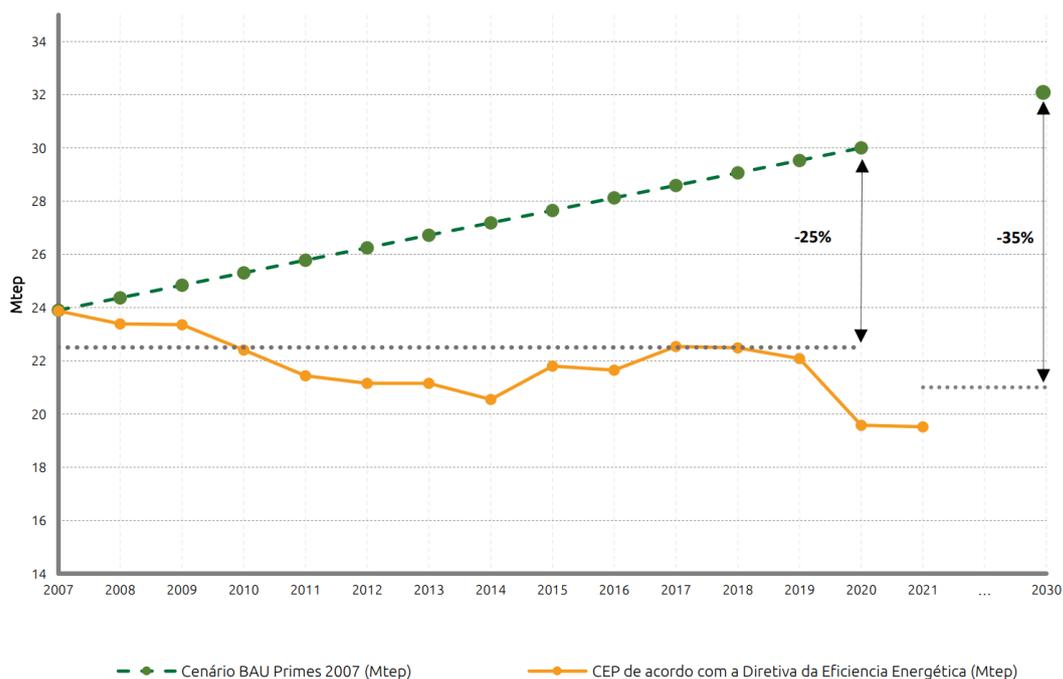


Figura 1 - Evolução do CEP de acordo com a Diretiva n.º 2012/27/UE da Eficiência Energética [13]

O PNEC30 definiu uma redução de 35% do CEP para 2030 e este baseou-se em projeções do modelo PRIMES da Comissão Europeia de 2007. Ao analisar o gráfico da Figura 1 verifica-se que uma redução de 35% relativamente ao cenário BAU PRIMES corresponde a um consumo de 21 *Mtep* [13].

Em suma, apesar de ter havido um aumento notório do consumo de energia, impulsionado pela industrialização, urbanização e crescimento populacional, o consumo de energias primárias em Portugal atingiu um máximo em 2005, tendo vindo a diminuir consideravelmente desde então. O aumento do uso de energias renováveis e o aumento do desempenho energético no parque imobiliário estão interligados e, juntos, permitem uma redução da pegada de carbono no setor dos edifícios e, conseqüentemente, promovem um futuro mais sustentável.

1.2. OBJETIVOS E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

A presente dissertação insere-se no âmbito de certificação energética de edifícios novos, recorrendo ao método internacional *BREEAM*, que permite a um edifício obter uma avaliação da sua sustentabilidade, a nível global, e assim, aumentar a sua valorização a nível ambiental e económico. Como caso de estudo utilizou-se um estabelecimento industrial,

denominado de Garland, no qual se considerou a divisão do mesmo em duas tipologias distintas, uma industrial e outra comercial.

Os principais objetivos deste trabalho são obter conforto térmico para os seus ocupantes, eficiência energética do edifício, reduzir ao máximo as emissões de CO₂ e, ainda, garantir a sua sustentabilidade. Neste sentido pretende-se analisar a influência que a carga térmica e as variáveis ambientais apresentam sobre o conforto térmico através dos índices de *Fanger*, estudar o consumo de energia do edifício, a sua eficiência e impacto ambiental.

Para a realização do estudo dos indicadores no âmbito da certificação *BREEAM*, com a finalidade de pré-certificar o edifício, recorreu-se ao *software DesignBuilder*, a partir do qual se vai obter informações importantes sobre o seu desempenho energético e vai ajudar a promover práticas de construção sustentáveis e eficientes. Para a realização deste estudo recorreu-se ao manual *BREEAM International New Construction 2016* [14]. Contudo, por falta de acesso a outros materiais, não se utilizou a versão mais recente do manual.

O *BREEAM* apresenta vários manuais que permitem estudar o desempenho ambiental dos edifícios, no entanto, o manual *International New Constructions* é o único dedicado a edifícios novos, fora do Reino Unido.

Com o intuito de realizar a dissertação, recorreu-se a um estágio curricular na área da certificação energética. Na realização deste estágio foi notório a necessidade de utilizar, em contexto de trabalho, todos os conhecimentos académicos permitindo uma consolidação e aperfeiçoamento destes. A aquisição de habilitações técnicas, impossíveis de obter num ambiente académico, deu-se através do estágio na empresa “*One Engenharia*”, que proporcionou uma aprendizagem com profissionais experientes.

Além destas, a realização de um estágio de 6 meses, não só me permite evoluir como ser humano, mas também garante a aquisição das seguintes competências:

- Aplicação da legislação nacional em casos reais;
- Utilização de várias ferramentas de simulação dinâmica, entre outros *software* de apoio às mesmas;
- Fazer o levantamento, em edifícios existentes, da informação necessária para a emissão de um certificado energético;
- Analisar e recolher a informação importante, proveniente do arquiteto e projetistas, para a realização de certificações energéticas.

1.3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A *One Engenharia – Eficiência e Engenharia, Lda.*, é uma empresa dedicada ao setor da eficiência e engenharia com sede em Real, Braga, no entanto, foi fundada em Vila Verde. É liderada por dois sócios, sendo o sócio com maiores responsabilidades o Engenheiro Telmo Pires. A empresa é reconhecida pela sua equipa altamente qualificada, composta por sete profissionais especializados em diversas áreas.

A equipa da *One Engenharia Lda.* além do Engenheiro Telmo Pires como Perito Qualificado, engloba um especialista dedicado à auditoria energética, projetistas eletrotécnicos, projetistas de sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e uma profissional de vendas/comercial que mantém relacionamentos de longo prazo com clientes antigos. Em paralelo, todos estes profissionais conjugam o seu trabalho com a realização de certificações energéticas. Assim, nesta empresa, foi possível conhecer profissionais de alta qualidade, com um grande espírito de equipa, sempre disponíveis a ajudar e sem nunca deixarem de lado o rigor e a responsabilidades para com os seus clientes.

A empresa bracarense compromete-se a fornecer serviços de alta qualidade em qualquer tipo de edifício, e por todo o país, tanto na zona Continental como nas regiões autónomas da Madeira e dos Açores, tendo como principal foco a eficiência energética e a sustentabilidade.

Por fim, esta apresenta um modelo de negócios que capta interesse aos seus clientes de longo prazo, pois é neles que a empresa se foca garantindo assim um relacionamento mais sólido.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Neste trabalho vão ser abordados diversos temas que em conjunto funcionam para demonstrar a importância que a certificação energética possui no ciclo de vida de um edifício de forma a torná-lo energeticamente mais eficiente, termicamente confortável, com uma boa qualidade de ar e, em paralelo, amigo do ambiente. Os principais temas aqui abordados são sete e subdividem-se em vários capítulos, que são:

- Introdução;
- Revisão Bibliográfica;
- Certificação *BREEAM*;

- Caso de Estudo;
- Simulação Dinâmica Multizona – *DesignBuilder*;
- Indicadores *BREEAM*;
- Conclusão.

Neste primeiro capítulo é apresentado uma introdução ao tema, sendo que esta se foca no consumo energético e a sua evolução ao longo dos anos. Entende-se que a evolução foi marcada pelas questões do conforto térmico e emissões de CO₂. Neste mesmo capítulo ainda é abordada a razão que levou à realização deste estudo e, adicionalmente, é feita uma breve apresentação da empresa onde foi realizado o estágio no âmbito da dissertação.

O capítulo 2 foca-se principalmente no enquadramento regulamentar político tanto da eficiência energética, como do conforto térmico e da qualidade do ar interior. Visto que no capítulo 1 a eficiência energética e as emissões de gases de efeito estufa são referidas ao pormenor, decidiu-se que no segundo capítulo teria de ser explicada a importância de garantir conforto térmico e como é que este pode ser avaliado.

No capítulo 3 aborda-se a certificação *BREEAM* e os respetivos indicadores que serão alvo de estudo. Ainda neste são explicadas as simulações dinâmicas e qual o *software* utilizado para as mesmas, o *DesignBuilder*, que funciona como interface entre o utilizador e o *Energyplus*.

O estudo do edifício da Garland tem início no capítulo 4 onde são apresentados e caracterizados todos os constituintes do edifício, tais como, envolvente, sistemas técnicos, energias renováveis, meios de ascensão e outros equipamentos.

O capítulo 5, intitulado de “Simulação Dinâmica Multizona” faz referência aos dados introduzidos nas simulações, tais como a modelação do edifício em 3D diretamente no programa, o ficheiro climático e os perfis de funcionamento do edifício.

Por fim, nos penúltimo e último capítulos são abordados os resultados finais e principais conclusões, respetivamente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR NACIONAL

Neste subcapítulo vão ser abordados os documentos legislativos e a sua evolução até à atualidade. Primeiramente é referenciado o primeiro ato legislativo nacional relacionado com os edifícios e o conforto térmico nos mesmos. Ao longo do subcapítulo aborda-se todos os documentos publicados pela União Europeia referentes ao conforto térmico e ao desempenho energético dos edifícios e, conseqüentemente, a transposição destes para a legislação portuguesa. Por fim, são abordados os documentos políticos que se encontram em vigor.

Os atos emitidos pela União Europeia são chamados de Diretivas e são utilizados para informar os seus destinatários (Estados-Membros) de quais os resultados que devem alcançar, no entanto, incide sob os próprios adotar os meios necessários para atingir as metas impostas.

A transposição das Diretivas dá-se através de Decretos-Lei, que por vezes são complementados com portarias e despachos.

Assim, no esquema da Figura 2 pode-se observar os atos legislativos mais importantes, aqui referenciados, por ordem cronológica.

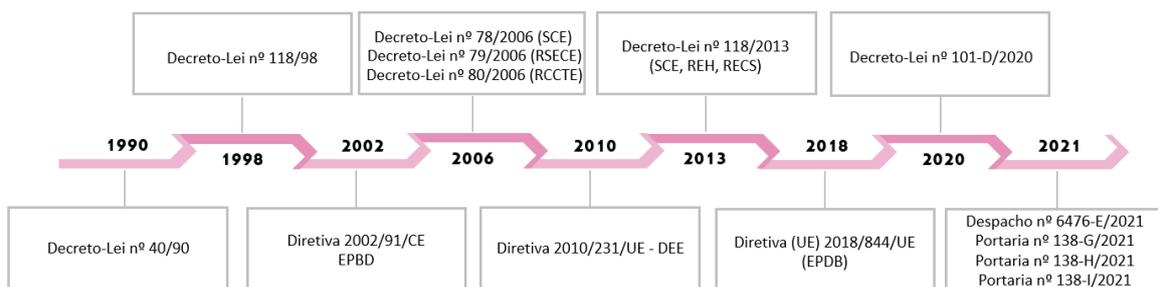


Figura 2 - Evolução Legislativa em Portugal e na UE

2.1.1. DECRETO-LEI Nº 40/90 E DECRETO-LEI Nº 118/98

Em 1990 foi criado o primeiro documento legal em Portugal referente ao conforto térmico em edifícios, o Decreto-Lei nº 40/90, que apenas entrou em vigor a 1 de janeiro de

1991. O seu principal objetivo foi aprovar o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) de maneira que fosse obrigatório garantir um conforto térmico mínimo, no interior dos novos edifícios e das grandes remodelações. Este documento tornou-se um marco importante na evolução da construção em Portugal, pois permitiu que os edifícios apresentassem uma melhor qualidade térmica [15].

Depois deste, em 1998, publicou-se o Decreto-Lei Nº 118/98, que incide maioritariamente no dimensionamento e qualidade dos sistemas de climatização dos edifícios.

2.1.2. DECRETO-LEI Nº 78/2006, DECRETO-LEI Nº 79/2006 E DECRETO-LEI Nº 80/2006

Ao longo dos anos verificou-se, entre os vários setores, que o setor residencial era o que possuía maiores necessidades energéticas, sendo que na Europa este correspondia a 40% (27% correspondiam a habitações e 13% a edifícios de comércio e serviço) e previa-se um crescimento deste setor. Posto isto, em cumprimento com o Protocolo de Quioto, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia lançaram a Diretiva 2002/91/CE - EPBD, que objetivava o aumento do desempenho energético dos edifícios na Comunidade, tendo em conta vários fatores. Este ato legislativo determina a implementação de um sistema de certificação energética de modo que, nos Estados-Membros, os residentes possam estar informados sobre a qualidade térmica dos edifícios [16].

Assim, verificou-se uma transposição nacional da EPBD para os seguintes documentos:

- Decreto-Lei nº 78/2006 → Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), que tem como objetivo garantir um uso consciente e racional de energia, o uso de energias renováveis, e, ainda, garantir qualidade de ar interior. Este documento nacional estabelece regras e procedimentos para a certificação energética em edifícios [17].
- Decreto-Lei nº 79/2006 → Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). A aplicação deste regulamento deve ser efetuada na fase inicial do ciclo de vida de um edifício, ou seja, no licenciamento, pois assim garante que os projetos satisfaçam os requisitos regulamentares. Tal como o nome indica, o RSECE, impõe requisitos sobre os sistemas de climatização e, por isso, as exigências deste documento, dependem

do SCE, que impôs a sua aplicação a todos os edifícios novos, de serviços ou residenciais, com uma potência de climatização superior a 25 kW. [18].

- Decreto-Lei nº 80/2006 → Visa um uso mais rigoroso de isolamento térmico a nível da construção dos edifícios devido à elevada perda de carga térmica, ou seja, ao longo dos anos, começou-se a perceber que parte da energia proveniente dos sistemas de climatização perdem-se através da infiltração desta energia, nos elementos construtivos do edifício. Para além disto, o Decreto-Lei aprova o RCCTE [19].

2.1.3. DECRETO-LEI Nº 118/2013

Em 2006, o setor dos edifícios representava uma das maiores percentagens de emissões de GEE. Desde a sua conceção dos edifícios que se verifica a libertação destes gases, sendo que a fase de utilização é responsável por 84-88% do consumo total de energia nesse setor. Assim, a 19 de maio de 2010, foi aprovada pelo Parlamento Europeu, a Diretiva 2010/31/UE, que veio substituir e revogar a Diretiva referida no sub-subcapítulo 2.1.2, constituindo a primeira revisão à EPBD. Esta nova Diretiva veio esclarecer, otimizar e reforçar alguns tópicos abordados na Diretiva de 2002.

A reformulação da Diretiva referente ao DEE (desempenho energético dos edifícios), tem como finalidade:

- Reduzir a importação de combustíveis fósseis;
- Reduzir as emissões de GEE no mínimo 20% em relação aos valores obtidos em 1990;
- Reduzir os custos operacionais dos edifícios e os de energia para o consumidor;
- Aumentar o conforto dos ocupantes;
- Substituir a energia proveniente dos combustíveis fósseis por energias renováveis;
- Uso de equipamentos com melhor eficiência energética;
- Contribuir para o desenvolvimento sustentável.

O novo documento regulamentar da União Europeia reconhece que, tanto o clima como a cultura dos diferentes Estados-Membros, devem ser valorizados para o DEE, porém o mesmo não se verificava na Diretiva 2002/91/CE. Posto isto, como a Diretiva de 2010 visava

tornar os edifícios NZEB, concluiu-se então que cada Estado-Membro deveria apresentar destreza para a própria regulamentação nacional, incluindo a metodologia de cálculo.

Um edifício NZEB é um conceito novo introduzido pela Diretiva que, em português, significa “edifícios com necessidades quase nulas de energia”. A criação deste conceito deve-se à necessidade urgente de um consumo mais eficiente de energia. Resumidamente, estes edifícios distinguem-se dos outros, pois devem ser capazes de produzir quase tanta energia quanto a que consomem, ou seja, apresentam um autoconsumo derivado da existência de energias renováveis que asseguram a maior parte do consumo energético do edifício [20].

O Decreto-Lei nº 118/2013 transpõe a Diretiva 2010/31/UE para a legislação portuguesa. Este ato nacional reúne num só documento o SCE, REH e RECS (este último regulamento está relacionado com o RSECE referindo-se aos edifícios de comércio e serviço), ou seja, revoga os Decretos-Leis de 2006 (DL nº 78/2006, DL nº 79/2006 e DL nº 80/2006). Embora, a incorporação da Diretiva no sistema jurídico nacional se tenha dado através de um único instrumento legal, como se pode observar no esquema da Figura 3 o Decreto-Lei nº 118/2013 trouxe consigo anexada legislação complementar [21].

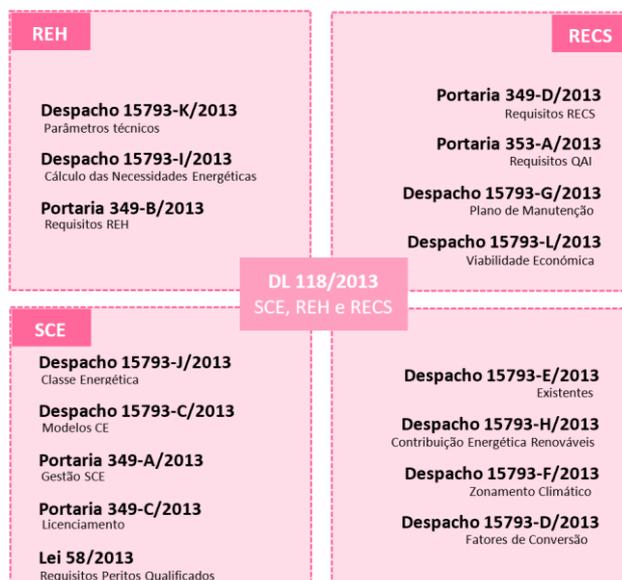


Figura 3 - Legislação que vigorava em 2013 [21]

Por fim, o objetivo deste Decreto-Lei passava por atualizar os requisitos da qualidade térmica e introduzir padrões mínimos de eficiência energética aos principais sistemas técnicos, que são [22]:

- Climatização;
- AQS;

- Iluminação;
- Aproveitamento de Energias Renováveis;
- Gestão de energia.

2.1.1. DECRETO-LEI Nº 101-D/2020

A 30 de maio de 2018, a EPBD foi novamente reformulada com o propósito de agilizar a renovação dos edifícios europeus, pois, com o aumento da população é necessário garantir um melhor desempenho energético dos edifícios. O Conselho Europeu ao analisar a Diretiva 2010/31/UE e a Diretiva 2012/27/UE percebeu que era necessário realizar algumas alterações que reforçassem as disposições impostas em ambas as Diretivas, pelo que estas foram revogadas pela Diretiva 2018/844 [23]. Neste documento dá-se a segunda revisão da EPBD.

Com o objetivo de promover a descarbonização do parque imobiliário e a independência energética da União Europeia, foram estabelecidas novas metas com os seguintes prazos:

- Curto (2030) – PNEC 2030
- Médio (2040)
- Longo (2050) – RNC 2050

Assim, a Diretiva de 2018 quer garantir melhorias no desempenho térmico dos edifícios, garantindo ainda os níveis de conforto e saúde dos seus ocupantes, pelo que, as alterações realizadas nas medidas das Diretivas anteriores são [23]:

- Implementação de infraestruturas verdes de modo a promover a adaptação às alterações climáticas e proteger a biodiversidade em zonas urbanas (por exemplo fachadas verdes);
- Aplicação das medidas de melhoria tanto na envolvente como nos sistemas técnicos;
- Uso de equipamentos autorreguladores para controlar cada espaço individualmente;
- Instalação de equipamentos que contribuam para a eletromobilidade, dependendo da categoria dos edifícios e da dimensão dos parques de estacionamento;
- Substituição de inspeções físicas pela monitorização eletrónica dos sistemas técnicos dos edifícios;

- Utilização de autorreguladores para regular as temperaturas em compartimentos separados;
- Instalação de equipamentos que contribuam para indicadores de aptidão para tecnologias inteligentes para diminuir o número de ferramentas necessárias e proporcionar clareza aos consumidores;

Atualmente, encontra se em vigor o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, que veio transpor a Diretiva (UE) 2018/844. O respetivo ato legislativo introduz requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o SCE [24]. Na Tabela 2 está presente um resumo dos requisitos técnicos e energéticos aplicados aos edifícios de habitação e comércio e serviços, novos, renovados e existentes.

Tabela 2 - Requisitos impostos pelo Decreto-Lei nº 101-D/2020

Requisitos		Edifícios novos		Grandes renovações		Renovações		Existentes	
									
Definidos em Portaria									
Envolvente	Opaca e envidraçada	✓		✓		✓			
Sistemas Técnicos	Ventilação	✓		✓		✓			
	Climatização	✓		✓		✓			
	Preparação de AQ	✓		✓		✓			
	Iluminação	-	✓	-	✓	-	✓		
	Produção de eletricidade	✓		✓		✓			
	SACE	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
	Instalações de Elevação	✓		✓		✓			-
	Infraestruturas VE	✓		✓		-	-	-	✓
Instalação e Manutenção		-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
Qualidade de Ar Interior (QAI)		-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
Definidos em Despacho									
Conforto Térmico	Limite de necessidades de energia útil (aquecimento e arrefecimento ambiente)	✓	-	✓	-				
Desempenho Energético	Rácio de classe energética (Indicador de energia primária total)	✓		✓					
	Classes de DEE	✓		✓					
	Indicador de energia primária renovável	✓		✓					
	Indicador de energia primária fóssil	-	✓	-	✓				

Ao analisar a tabela pode-se verificar que dependendo do tipo de classificação do edifício, os requisitos têm ou não de ser cumpridos. Por exemplo, para uma grande renovação de comércio e serviços é necessário garantir os requisitos referentes à iluminação, no entanto, se for uma grande renovação de um edifício de habitação, esses mesmos critérios não têm de ser cumpridos.

Os requisitos expostos na tabela são constituídos por vários parâmetros, que estão definidos nas portarias e despachos regulamentados por este Decreto-Lei [24].

No Despacho n.º 6476-E/2021, são estabelecidos os requisitos mínimos de conforto térmico e desempenho energético para todo o tipo de edifícios. É neste documento que se

verifica que um edifício só é considerado NZEB se cumprir os limites previstos [25]. Até à atualidade o conceito dos edifícios com necessidades quase nulas de energia tem sofrido alterações e o mais recente é conhecido por NZEB20. Este conceito refere-se a um edifício que apresente necessidades de energia primária iguais ou inferiores em pelos menos 20% relativamente aos valores padrões NZEB, ou seja, aos valores presentes no despacho supracitado [26].

No que diz respeito à energia primária total, para edifícios de comércio e serviço novos, o Despacho n.º 6476-E/2021 indica que o valor máximo que estes podem obter do rácio entre o edifício previsto e o edifício de referência é de 0,75 [25]. Assim, para um edifício NZEB20 o requisito para o rácio é de 0,60 [26].

Ao longo deste subcapítulo, abordaram-se diferentes diretrizes e regulamentos referentes ao ciclo de vida de um edifício, incluindo normas de eficiência energética, certificação energética, metas para a neutralidade carbónica (para garantir um melhor desempenho energético), garantir conforto dos ocupantes, entre outros. É evidente que a legislação está em constante evolução de forma a abordar desafios atuais, como as mudanças climáticas e a busca por um ambiente mais sustentável.

2.2. CONFORTO TÉRMICO

Desde sempre, verificou-se o uso de ferramentas e técnicas na resolução de problemas, permitindo melhorar a qualidade de vida dos seres humanos. Por exemplo, os humanos pré-históricos usavam ferramentas de pedra que lhes permitia caçar, cortar alimentos e construir abrigos, pelo que estas se tornaram um marco na história da tecnologia. Desde então, o mundo encontra-se em constante evolução de forma a tentar proporcionar às pessoas uma melhor qualidade de vida, uma maior eficiência e produtividade, comunicação, segurança e muito mais.

Um dos exemplos mais impactantes na vida humana foi a criação de sistemas de climatização nos edifícios. A influência da tecnologia no conforto térmico desempenha um papel significativo na busca por soluções que equilibrem o conforto humano com a sustentabilidade ambiental e a eficiência energética.

A noção de conforto térmico é bastante relevante no contexto da certificação energética dos edifícios, pois não só melhora a qualidade de vida dos ocupantes, mas também contribui para a eficiência energética e sustentabilidade do mesmo.

Apesar dos vários fatores que o influenciam, a sua definição não é fácil, pois este varia de pessoa para pessoa e da sua perceção térmica. Este conceito depende da adaptação de cada pessoa ao espaço que a rodeia, o que torna a sua definição vivamente subjetiva, contudo, este não deixa de ser um fator importante para a saúde e bem-estar do ser humano.

Posto isto, entende-se por conforto térmico quando uma pessoa está perante um ambiente propício e saudável, no qual as condições climáticas não influenciam negativamente o seu bem-estar, produtividade e desempenho. “A condição básica para que tal se verifique é a de que o sistema termorregulador do organismo se encontre em equilíbrio com o ambiente dado, isto é, que haja num dado momento de equilíbrio de um conjunto de condições bio-fisiológicas sem violentação das funções orgânicas” [27].

Da mesma forma, pode-se considerar que um ambiente é termicamente confortável quando se atinge a neutralidade térmica, que segundo o dinamarquês Ole Fanger (1970) “É a condição na qual a pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente a seu redor” [28].

As condições ideais para o bom funcionamento do organismo humano ocorrem a uma temperatura constante (36 ± 1 °C). Portanto, a energia calorífica produzida pelo conjunto de transformações que ocorrem no corpo humano deve ser libertada de forma que este não saia do intervalo de temperatura do organismo e, conseqüentemente, provoque o mau funcionamento do mesmo. Estes valores de metabolismo variam de acordo com o tipo de atividade a que o ser humano está sujeito.

2.2.1. FENÓMENOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

As trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente dão-se por condução, convecção, radiação, respiração e evaporação. Esta transferência que ocorre como mecanismo de defesa do corpo humano, dá-se na superfície da pele ou pela respiração.

A condução dá-se através das partes do corpo em contacto com superfícies, a temperaturas diferentes, enquanto na convecção e na radiação as trocas são realizadas entre as partes do corpo e o ar. Por fim, a evaporação dá-se através da vaporização na superfície da pele. Assim, os mecanismos de transferência de calor, anteriormente referidos, quando

combinados, são cruciais no conforto térmico das pessoas e estão presentes em todos os corpos humanos.

2.2.2. FATORES QUE AFETAM O CONFORTO TÉRMICO

Com base na informação expressa, pode-se concluir que existem vários fatores fundamentais para que o ser humano se sinta confortável no meio que o rodeia. Estes agrupam-se em variáveis individuais e ambientais e são 6:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa do ar;
- Temperatura média radiante;
- Velocidade do Ar;
- Tipo de atividade;
- Vestuário.

A temperatura do ar é um dos fatores mais óbvios, pois as pessoas geralmente sentem-se mais confortáveis em temperaturas no intervalo de 20 a 25°C. A baixo dos 20°C as pessoas, em média, apresentam uma sensação de frio e acima dos 25°C uma sensação de calor. Assim, fora deste intervalo de temperaturas, as perdas e os ganhos térmicos são superiores, provocando a sensação de desconforto. A temperatura do ar exterior é inconstante pelo que varia ao longo do dia, de dia para dia, durante o ano e com a região do país. Para que se possa projetar um edifício, é necessário ter em conta valores extremos, com menor probabilidade de ocorrência. No caso de Portugal, que apresenta um clima temperado, isto é, em que as temperaturas no inverno são bem diferentes das do verão, é necessário separar os dados climáticos de acordo com a estação [27].

A humidade relativa do ar é definida através da relação entre a quantidade de vapor de água e a pressão máxima da mesma, a uma determinada temperatura. Posto isto, a humidade afeta a forma como as pessoas interpretam a temperatura, pois em condições de humidade elevada, a sensação de calor pode ser maior, enquanto em ambientes mais secos, a sensação de frio é maior. Variações elevadas da humidade do meio ambiente, que rodeia os ocupantes, pode provocar desconforto e ainda influenciar o seu bem-estar. Em países como Portugal, que apresentam um clima temperado, a humidade do ar não apresenta tanta relevância como em climas quentes e húmidos. No entanto, deve-se considerar na mesma, pois são importantes para a manifestação de condensações e para dimensionar sistemas de

climatização. A influência da humidade do ar é dada através do parâmetro “temperatura de termómetro de bolbo húmido” [27].

A temperatura média radiante é um fator crítico no conforto térmico, pois refere-se à transmissão de radiação térmica para o interior do espaço, através dos elementos que constituem a envolvente do edifício. Este fator desempenha um papel importante na perceção de calor ou frio das pessoas, pois as superfícies emitem radiação térmica em direção ao corpo humano. Assim, é necessário compreender e controlar a temperatura média radiante para que se possa criar ambientes internos agradáveis e eficientes do ponto de vista energético [27].

A velocidade do ar é um parâmetro relacionado não só com a sua velocidade, mas com a direção que este tem. Geralmente, um edifício possui ventilação natural, que consiste na ventilação do mesmo através de aberturas, passagens de ar interiores e condutas, sem o uso de qualquer sistema mecânico. Assim, na estação fria, quanto maior for a velocidade do vento, maior será a renovação de ar no edifício, logo maiores serão as perdas de calor. O mesmo se dá na estação quente, no entanto a renovação do ar irá provocar um ganho térmico. Se este fator não for tido em conta na projeção do edifício, poderá contribuir negativamente para o conforto térmico dos ocupantes [27].

Relativamente aos fatores que influenciam o conforto térmico, existem mais dois: o vestuário que a pessoa utiliza e a taxa metabólica, que é influenciada pelo tipo de atividade realizada. Estes parâmetros desempenham um papel importante, pois permitem uma adaptação ao clima. O uso de roupas leves permite a dissipação de energia, enquanto roupas mais quentes, permite reter o calor. No caso da atividade, pessoas mais ativas toleram temperaturas mais baixas do que pessoas em repouso, pois produzem mais energia calorífica.

Os quatro primeiros fatores abordados dependem do ambiente e os restantes de cada ocupante. Resumidamente, a importância destes faz com que tenham de ser tidos em conta, pelos engenheiros e projetistas, aquando do processo de construção de novos edifícios ou grandes renovações.

2.2.3. MODELO DE FANGER

Em 1967, *Ole Fanger* propôs um modelo de avaliação do conforto térmico. Este modelo baseia-se na teoria de que o corpo humano está em equilíbrio térmico quando a produção interna de calor no corpo é igual à perda de calor para o meio ambiente, que também pode

ser designado de neutralidade térmica. Posto isto, o corpo humano necessita de manter a sua temperatura interna constante, pelo que, qualquer alteração térmica corporal, manifesta-se através da sensação de desconforto. Neste método desenvolvido por *Fanger*, a avaliação e análise é realizada em ambientes térmicos em que o grau de desconforto dependa da carga térmica.

A equação do metabolismo baseia-se na teoria de que o balanço térmico corporal é nulo. Então, tendo em atenção que o corpo pode ter ganhos através da radiação, convecção e/ou condução, é possível calcular a energia produzida pelo metabolismo através da medição da energia perdida (equação 1).

$$M - W = R + C + K + E_v + E_{Re} + E_{Su} + S_a \quad (1)$$

Em que:

M – Energia gerada pelo organismo (W ou J/s);

W – Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo humano (W ou J/s);

R – Calor perdido por radiação (W ou J/s);

C – Calor perdido por convecção (W ou J/s);

K – Calor perdido por condução (W ou J/s);

E_v – Calor perdido pela evaporação da água que chega à superfície da pele por difusão (W ou J/s⁻¹);

E_{Re} – Soma dos fluxos de calor com ar inspirado e respetiva humidificação (W ou J/s);

E_{Su} – Calor perdido por evaporação da água proveniente da sudação (W ou J/s);

S_a – Carga Térmica no organismo (W ou J/s).

Por norma, as variáveis energéticas, numa equação, têm uma unidade SI de W ou J/s, porém, para que haja uma padronização da energia transferida deve-se ter em conta a área corporal. É de referir que esta padronização só é necessária, pois a energia térmica é mensurada como um fluxo o que, conseqüentemente, facilitará a comparação entre pessoas. Sendo que a unidade a utilizar passa a ser W/m², então recorre-se à correlação proposta por Dubois e Dubois em 1916 (equação 2) para a medição da área corporal [29].

$$A_D = 0,202 \cdot P^{0,425} \cdot H^{0,725} \quad (2)$$

Onde:

A_D – Área superficial do corpo (m²);

P – Peso do corpo (kg);

H – Altura do corpo (m).

O modelo de avaliação do conforto térmico foi obtido por Ole Fanger através dos resultados das suas investigações com pessoas, tendo à sua disposição câmaras com o clima completamente controlado. Foi nesta abordagem que o cientista descobriu a influência que o vestuário e as atividades desempenhadas tinham no conforto térmico [30].

A teoria de *Fanger* compreende dois índices, o PMV (*Predicted Mean Vote*) e o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). O PMV representa o voto médio de um grande grupo de pessoas expostas ao mesmo ambiente, segunda uma escala de sete níveis. Na Tabela 3 verifica-se que a escala está inserida no intervalo [-3, +3], onde o 0 representa o conforto térmico, valores positivos referem-se a sensações quentes e abaixo de 0 a sensações frias [29].

Relativamente à incerteza na interpretação de vários fatores, é possível aferir que o nível de sensação térmico associado ao modelo matemático PMV é subjetivo, pelo que nem sempre será exequível garantir um ambiente termicamente confortável para todas as pessoas num dado local [31].

Deste modo, associado ao PMV existe um outro índice, o PPD. Para um valor associado à escala de PMV, o PPD representa uma percentagem previsível de insatisfação. Ao analisar a Tabela 3 percebe-se que, mesmo numa situação ideal em que o índice PMV é igual a 0, existe uma percentagem de insatisfação de 5% [31].

Tabela 3 - Escala de sete níveis de sensação térmica e o valor de PPD associado

Escala PMV	Sensação térmica subjetiva	Valor de PPD associado [%]
+3	Muito Quente	99,1
+2	Quente	76,8
+1	Ligeiramente Quente	26,1
0	Neutro	5,0
-1	Ligeiramente Frio	26,1
-2	Frio	76,8
-3	Muito Frio	99,1

Assim, O índice PPD é determinado por uma expressão matemática que correlaciona os índices de Fanger (equação 3) ou através do gráfico apresentado na Figura 4 [32].

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (3)$$

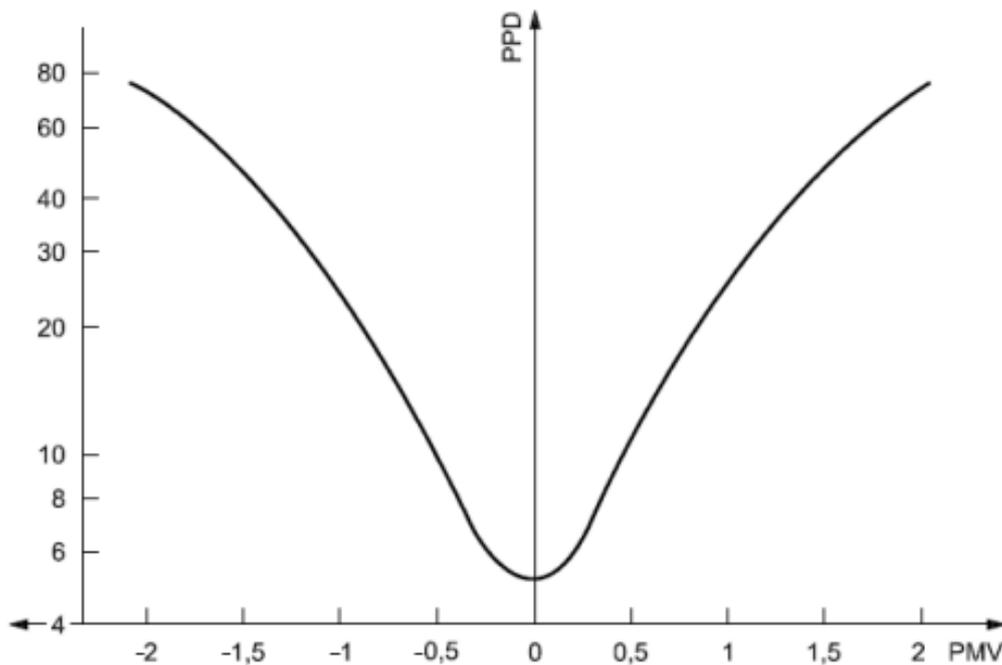


Figura 4 - Relação entre os índices de Fanger, o índice PMV e o índice PPD [32]

Este modelo foi uma descoberta bastante importante para a avaliação térmica nos edifícios e por isso é usado como base para as normas mais importantes relativas ao conforto térmico, que é o caso da norma *ASHRAE Standard 55* e da norma *ISO 7730/2005*.

2.2.1. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR INTERNACIONAL

Aqui vão ser apresentadas duas normas, a *ASHRAE Standard 55* e a norma *ISO 7730/2005*. Ambas estabelecem diretrizes relativas ao conforto térmico em ambientes interiores dos edifícios. Contudo, como é previsto, existem diferenças entre elas.

➤ **Norma ISO 7730/2005**

A norma *ISO 7730/2005*, também conhecida como norma da “*Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*”, como referido, fornece diretrizes que permitem avaliar o conforto térmico em edifícios, através do cálculo dos índices de Fanger e de critérios locais de conforto térmico. Esta foi desenvolvida pela *International Organization for Standardization (ISO)* e pode ser aplicada a nível internacional, contudo é mais comum na Europa [32].

De salientar que a norma europeia foi pensada em paralelo com a norma *ASHRAE Standard 55*, pois, apesar da *ISO* ser uma norma internacional e a *ASHRAE* ser uma norma americana, ambas apresentam os mesmos fundamentos, com regras locais diferentes.

A Tabela 4 e a Tabela 5 são duas tabelas com grande importância para o caso de estudo. A primeira é referente à taxa metabólica por ocupante, que é um dado bastante importante de introduzir na simulação, para o estudo do conforto térmico. Estes valores podem ser obtidos em “W/m²” e em “met”. Quanto à segunda tabela, esta foi retirada do apêndice A da norma e diz respeito às diferentes categorias de ambiente térmico definidos de acordo com os índices de *Fanger*.

Tabela 4 - Taxas metabólicas em função das atividades realizadas [32]

Activity	Metabolic rate	
	W/m ²	met
Reclining	46	0,8
Seated, relaxed	58	1,0
Sedentary activity (office, dwelling, school, laboratory)	70	1,2
Standing, light activity (shopping, laboratory, light industry)	93	1,6
Standing, medium activity (shop assistant, domestic work, machine work)	116	2,0
Walking on level ground:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Tabela 5 - Categorias de ambiente térmico definidas por Fanger [32]

Category	Thermal state of the body as a whole	
	PPD %	PMV
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7

Esta tabela é importante para o indicador de conforto térmico no âmbito da certificação BREEAM, pois é através desta que se verifica se o indicador do conforto térmico foi cumprido.

➤ **Norma ANSI ASHRAE Standard 55**

Norma Americana desenvolvida pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*, com o propósito de apresentar a melhor combinação de fatores ambientais térmicos interiores com fatores intrínsecos a cada indivíduo. Nesta são abordados os seis fatores que influenciam o conforto térmico [33].

Na Tabela 6 está presente a tabela retirada do apêndice B da norma, que diz respeito ao valor de isolamento proporcionado por cada peça de vestuário. Tendo as duas normas muitas semelhanças, não se podia deixar de salientar que a ISSO 7730 também apresenta uma tabela relativa ao isolamento da roupa, contudo, na norma ASHRAE é mais aprofundada, pelo que se considerou uma vantagem utilizar a tabela presente na norma americana.

Tabela 6 - Valor da resistência térmica da roupa para cada peça de vestuário [33]

Clothing Description	Garments Included[†]	<i>I_{cl}</i> (clo)
Trousers	1) Trousers, short-sleeve shirt	0.57
	2) Trousers, long-sleeve shirt	0.61
	3) #2 plus suit jacket	0.96
	4) #2 plus suit jacket, vest, T-shirt	1.14
	5) #2 plus long-sleeve sweater, T-shirt	1.01
	6) #5 plus suit jacket, long underwear bottoms	1.30
Skirts/Dresses	7) Knee-length skirt, short-sleeve shirt (sandals)	0.54
	8) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, full slip	0.67
	9) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, long-sleeve sweater	1.10
	10) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, suit jacket	1.04
	11) Ankle-length skirt, long-sleeve shirt, suit jacket	1.10
Shorts	12) Walking shorts, short-sleeve shirt	0.36
Overalls/Coveralls	13) Long-sleeve coveralls, T-shirt	0.72
	14) Overalls, long-sleeve shirt, T-shirt	0.89
	15) Insulated coveralls, long-sleeve thermal underwear tops and bottoms	1.37
Athletic	16) Sweat pants, long-sleeve sweatshirt	0.74
Sleepwear	17) Long-sleeve pajama tops, long pajama trousers, short 3/4 length robe (slippers, no socks)	0.96

3. CERTIFICAÇÃO BREEAM

O ciclo de vida de um edifício é constituído por inúmeras etapas e todas elas podem impactar o ambiente de uma forma bastante significativa. Este processo está dividido em três partes: a pré-construção, a construção e o pós-construção. Como se pode observar na Figura 5, o ciclo de vida tem início com a pré-construção, que está dividida em três etapas: a conceção, o detalhamento de engenharia e o planeamento. As restantes partes deste ciclo de vida são constituídas por duas e uma etapa, respetivamente. A última etapa dá-se já quando o edifício se encontra finalizado e pronto para ser utilizado por parte do cliente.



Figura 5 - Ciclo de vida dos edifícios [34]

Como já foi referido, este setor foi sujeito a um crescimento considerável ao longo dos anos, pelo que foi necessário tornar todo o processo de construção/renovação de um edifício mais sustentável, eficiente e económico, garantindo uma melhor qualidade de vida para os seus ocupantes. Posto isto, em 1990, no Reino Unido, nasceu o método de avaliação BREEAM, que significa “*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, ou em português, Método de Avaliação Ambiental de Estabelecimento de Pesquisa de Edifícios. Fundado pelo grupo BRE (*Building Research Establishment*), uma organização independente focada em construção e meio ambiente [35]. O BREEAM, tal como o nome indica é um método de avaliação de edifícios que fornece uma declaração clara sobre a qualidade do edifício e o seu desempenho ambiental, pelo que funciona como um rótulo de confiança para os investidores, compradores e/ou inquilinos.

A avaliação realizada pelo método de padrão global de sustentabilidade é constituída por duas fases. A primeira ocorre após a etapa do planeamento, com a obtenção de um certificado provisório através da identificação de todas as necessidades e objetivos do projeto,

estudando a viabilidade e analisando o local onde a construção/renovação se irá proceder e, por fim, definindo os requisitos funcionais, espaciais e sustentáveis. A segunda fase dá-se na pós-construção, mas antes da entrega ao cliente. Nesta última fase emite-se o certificado final e atribui-se uma classificação ao edifício e a todo o processo que lhe deu origem [36].

A certificação *BREEAM*, de forma a acompanhar as mudanças existentes tanto na construção, como na regulamentação e na sustentabilidade, sofreu várias alterações ao longo dos anos, pelo que, em 1998, este passou a incluir ponderações de maneira a salientar a importância de algumas categorias relacionadas com a sustentabilidade e com a ecologia.

Assim, o *BREEAM* foi projetado para avaliar o desempenho ambiental de edifícios utilizando medidas, que são definidas com base nas 10 secções de referência [37] e [38]:

- Energia (20%) → Avalia a energia operacional do edifício e as emissões de GEE;
- Ecologia e uso do solo (8%) → Avalia a pegada do local e da construção, o valor ecológico e a conservação;
- Água (7%) → Avalia o consumo e a eficiência de água, no edifício;
- Saúde e bem-estar (19%) → Avalia questões internas e externas, tais como o ruído, a luz, o ar, a qualidade do edifício, etc;
- Poluição (10%) → Avalia a poluição da água e do ar;
- Transporte (6%) → Avalia as emissões de GEE relacionados com o transporte;
- Materiais (13%) → Avalia os impactos ambientais dos materiais de construção;
- Resíduos (6%) → Avalia a gestão de resíduos provenientes da construção e da utilização do edifício;
- Gestão (11%) → Avalia a política de gestão, a gestão do local e a procura;
- Inovação (10% - extra).

Associado a cada uma destas secções encontra-se um exemplo das percentagens correspondentes pois, para manter um sistema flexível, o *BREEAM* adota uma abordagem que permite atingir um determinado nível de desempenho. Assim, a maioria dos créditos podem ser negociados, ou seja, o incumprimento numa área pode ser compensado através do cumprimento noutra para atingir a classificação *BREEAM* alvo.

No entanto, para garantir que o desempenho relativamente a questões ambientais fundamentais não seja negligenciado na procura de uma classificação específica, esta

certificação estabelece padrões mínimos de desempenho em áreas-chave, como por exemplo a água, a energia, os resíduos, entre outros. É importante ter em mente que estes são níveis mínimos aceitáveis de desempenho e, nesse sentido, não devem necessariamente ser vistos como níveis representativos das melhores práticas para um nível de classificação *BREEAM*.

A soma das percentagens perfaz um total de 110%, devido à percentagem adicional correspondente aos edifícios inovadores. Cada uma destas categorias apresenta um conjunto de indicadores a cumprir e, através de cada um desses indicadores, é possível obter um número específico de créditos. Na Tabela 7 estão presentes as 56 questões ambientais *BREEAM* (indicadores) correspondentes a cada uma das 10 secções ambientais e os respetivos créditos, sendo que, no total, é possível obter 151 créditos.

Para que o edifício da Garland em Valadares possa ser certificado pelo *BREEAM*, o cliente contactou o grupo BRE. Posteriormente, o perito qualificado designado para este trabalho reuniu as equipas do projeto e outras, caso necessário, para o cálculo dos diferentes indicadores *BREEAM* [14].

Tabela 7 - Secções ambientais e questões de avaliação do *BREEAM International New Construction 2016* [14]

Energia (37 créditos)	Ecologia e uso do solo (10 créditos)
<ul style="list-style-type: none">• Ene 01 - Redução do consumo de energia e emissões de CO₂; (15 Créditos)• Ene 02 - Monitorização de energia; (4 créditos)• Ene 03 - Iluminação exterior; (1 créditos)• Ene 04 - Projeto de baixo carbono; (3 créditos)• Ene 05- Armazenamento refrigerado energeticamente eficiente; (3 créditos)• Ene 06 - Sistemas de transporte energeticamente eficientes; (3 créditos)• Ene 07 - Sistemas Laboratoriais energeticamente eficientes; (5 créditos)	<ul style="list-style-type: none">• LE 01 - Escolha da localização; (3 créditos)• LE 02 - Valor ecológico do local selecionado e proteção das características ecológicas; (2 créditos)• LE 03 - Minimização do impacto ecológico do local existente; (5 créditos)• LE 04 - Melhoria da ecologia local; (3 créditos)• LE 05 - Impacto a longo prazo na biodiversidade. (2 créditos)

<ul style="list-style-type: none"> • Ene 08 - Equipamentos energeticamente eficientes; (2 créditos) • Ene 09 - Espaço de secagem. (1 crédito) 	
Água (10 créditos)	Saúde e bem-estar (25 créditos)
<ul style="list-style-type: none"> • Wat 01 - Consumo de água; (5 créditos) • Wat 02 - Monitorização da água; (1 crédito) • Wat 03 - Detecção de fugas de água; (3 créditos) • Wat 04 - Consumo eficiente de água pelos equipamentos. (1 crédito) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hea 01 - Conforto visual; (6 créditos) • Hea 02 - Qualidade do ar interior (5 créditos) • Hea 03 - Contaminação segura em laboratórios; (2 créditos) • Hea 04 - Conforto térmico; (3 créditos) • Hea 05 - Desempenho acústico; (4 créditos) • Hea 06 - Acessibilidade; (2 créditos) • Hea 07 - Perigos; (1 crédito) • Hea 08 - Espaços privados; (1 crédito) • Hea 09 - Qualidade da água. (1 crédito)
Poluição (13 créditos)	Transporte (13 créditos)
<ul style="list-style-type: none"> • Pol 01 - Impacto dos refrigerantes; (4 créditos) • Pol 02 - Emissões de NO_x; (2 créditos) • Pol 03 - Escoamento de águas superficiais; (5 créditos) • Pol 04 - Redução da poluição luminosa noturna; (1 crédito) • Pol 05 - Redução da poluição sonora. (1 crédito) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tra 01 - Fácil acesso aos transportes públicos; (5 créditos) • Tra 02 – Proximidade; (2 créditos) • Tra 03 - Modos alternativos de transporte; (2 créditos) • Tra 04 - Lotação máxima de estacionamento; (2 créditos) • Tra 05 - Planos de transporte; (1 crédito) • Tra 06 - Escritório em casa. (1 crédito)
Materiais (12 créditos)	Resíduos (10 créditos)
<ul style="list-style-type: none"> • Mat 01 - Impacto no ciclo de vida; (6 créditos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wst 01 - Gestão dos resíduos da construção; (3 créditos)

<ul style="list-style-type: none"> • Mat 02 - Paisagismo rígido e proteção de limites impostos; (5\ créditos) • Mat 03 - Procura responsável de materiais; (4 créditos) • Mat 04 - Isolamento; (5\ créditos) • Mat 05 - Projeção para durabilidade e resiliência; (1 crédito) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wst 02 - Agregados reciclados; (1 crédito) • Wst 03 - Desperdícios operacionais; (3 créditos) • Wst 04 - Acabamentos especulados para os pavimentos e coberturas; (1 crédito) • Wst 05 - Adaptação a mudanças climáticas; (1 crédito)
Materiais (12 créditos)	Resíduos (10 créditos)
<ul style="list-style-type: none"> • Mat 06 - Eficiência dos materiais. (1 crédito) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wst 06 - Adaptabilidade funcional. (1 crédito)
Gestão (21 créditos)	Inovação (5\ créditos)
<ul style="list-style-type: none"> • Man 01 - Resumo e design do projeto; (4 créditos); • Man 02 - Custo do ciclo de vida e planeamento da vida útil do edifício; (4 créditos) • Man 03 - Práticas de construção responsáveis; (6 créditos) • Man 04 - Comissionamento e entrega; (4 créditos) • Man 05 - Cuidados posteriores. (3 créditos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inn 01 - Inovação.

De acordo com o número de créditos cumpridos, obtém-se uma dada percentagem e, desta forma, o projeto pode obter um determinado nível de certificação *BREEAM*. Isto significa que cada categoria, de acordo com a sua importância, apresenta um determinado valor em percentagem e quantos mais créditos, mais perto se encontra de atingir o total da sua percentagem. Assim, existem seis níveis de classificação, que se encontram expostos na Tabela 8 [39].

Tabela 8 - Classificação *BREEAM* de acordo com a pontuação obtida.

Pontuação Final	Classificação <i>BREEAM</i>
Classificação <30%	Não Classificado
Classificação >30%	Aprovado
Classificação >45%	Bom
Classificação >55%	Muito Bom
Classificação >70%	Excelente
Classificação >85%	Excecional

Este tipo de avaliação permite que os clientes ou outras partes interessadas possam comparar o desempenho do edifício com outros edifícios com a mesma classificação *BREEAM*, ou seja, cada uma destas classificações corresponde a um conjunto de edifícios que têm um desempenho típico de sustentabilidade. Posto isto, cada classificação *BREEAM* representa um desempenho equivalente [14]:

- Excecional – Menos de 1% dos edifícios (inovador);
- Excelente – Top 10% dos edifícios (melhores práticas);
- Muito Bom – Top 25% dos edifícios (boas práticas avançadas);
- Bom – Top 50% dos edifícios (boas práticas intermédias);
- Aprovado – Top 75% dos edifícios (boas práticas padrão).

Quando um edifício recebe uma percentagem correspondente a “não classificado”, o seu desempenho não cumpre os padrões mínimos relativos às questões ambientais, logo não se encontra em conformidade com a certificação *BREEAM* [14].

Em suma, a certificação *BREEAM* é um método que prova que o edifício é efetivamente sustentável e, conseqüentemente, auxilia os países membros da UE a alcançar os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e o Roteiro do Pacto Ecológico Europeu. Os edifícios construídos para atingir uma elevada classificação *BREEAM* proporcionam um maior conforto aos seus ocupantes e, conseqüentemente, proporcionam uma maior produtividade. Para além desta vantagem, estes são, aos olhos do consumidor, mais atraentes e, por isso, o seu custo de venda pode ser maior. Contudo, um edifício avaliado por este método apresenta um custo de capital mais elevado e torna-se excessivamente complicado de administrar.

Assim, a empresa “One Engenharia” foi uma das equipas contactadas para este grande projeto de sustentabilidade, ficando encarregue de calcular dois indicadores: o indicador da redução do consumo de energia e emissões de CO₂ (primeiro indicador da Energia); e o conforto térmico (quarto indicador da secção Saúde e bem-estar). Estas questões ambientais BREEAM podem garantir até 15 e 3 créditos, respetivamente.

3.1. HEA 04 – THERMAL COMFORT (CONFORTO TÉRMICO)

A finalidade deste indicador passa por assegurar que níveis adequados de conforto térmico são alcançados através do projeto (uma das fases do ciclo de vida do edifício) e que os controlos são selecionados de forma a manter o ambiente termicamente confortável para os ocupantes do edifício [14].

Através do indicador Hea 04, é possível obter três créditos de avaliação no âmbito da certificação BREEAM, sendo estes [14]:

- Crédito 1. Modelação Térmica;
- Crédito 2. Adaptabilidade para um cenário projetado de alterações climáticas;
- Crédito 3. Zonamento térmico e controlo;

Para garantir que os créditos 1 e 2 são obtidos, é necessário cumprir quatro critérios intrínsecos a cada um destes e, para o crédito 3, é necessário garantir mais três critérios, ou seja, para se obter o número máximo de créditos neste indicador, é necessário cumprir os seguintes onze critérios [14]:

➤ CRÉDITO 1 - Thermal modelling (Modelação Térmica)

1. Após a realização da modelação térmica, a medição analítica ou avaliação dos níveis de conforto térmico do edifício devem ser realizadas utilizando o índice do voto médio previsto (PMV) e o índice de percentagem prevista de insatisfeitos (PPD), que se encontram definidos na norma ISO 7730:2005, tendo em conta os valores médios em cada estação do ano (variações sazonais).
2. Aplicação dos critérios de conforto térmico nacionais para determinar o conforto nos edifícios, especificamente o intervalo de temperaturas internas de inverno e verão, que devem estar em conformidade com os critérios de conforto recomendados na norma ISO 7730:2005, sem que nenhum espaço se enquadre nos níveis definidos nesta norma que representam insatisfação local.

3. Em espaços ocupados, os níveis de conforto térmico devem estar de acordo com os requisitos da categoria B da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, ou seja, um PMV compreendido entre -0,5 e +0,5.
4. Para edifícios com sistemas de climatização, os índices PMV e PPD, baseados na simulação, devem ser reportados ao avaliador através da ferramenta de pontuação e do relatório de avaliação BREEAM.

➤ CRÉDITO 2 - *Adaptability for a projected climate change scenario* (Adaptabilidade para um cenário projetado de alteração climática)

5. Deve-se cumprir os critérios 1-4;
6. Os requisitos estabelecidos no critério 3 são alcançados para um cenário projetado de alterações climáticas, isto é, daqui a 50 anos;
7. Caso não se verifique o critério 6, a equipa do projeto deve ser capaz de demonstrar que, apesar de tudo, o edifício pode ser facilmente adaptado no futuro, utilizando soluções passivas, a fim de cumprir os requisitos do critério acima.
8. Para edifícios com sistemas de climatização, os índices PMV e PPD, baseados na simulação, devem ser reportados ao avaliador através da ferramenta de pontuação e do relatório de avaliação BREEAM.

➤ CRÉDITO 3 - *Thermal zoning and controls* (Zonamento Térmico e Controlo)

9. Deve-se cumprir os critérios 1-4;
10. A modelação térmica realizada através dos critérios 1-4 permite obter informações para a escolha da estratégia a adotar no controlo da temperatura do edifício, por parte dos ocupantes;
11. A estratégia adotada para o sistema de climatização deve ter em conta as seguintes características:
 - 11a. Os espaços que constituem o edifício, os serviços praticados no interior de cada um e a forma que estes podem contribuir para o aquecimento e arrefecimento dos espaços.
 - 11b. O grau de controlo dos sistemas necessário para cada espaço, por parte dos ocupantes, com base em discussões com o operador final (ou, por vezes, com base no tipo de edifício, casos de estudo ou “*feedbacks*”, ...) considera que:
 - 11b.i. Os ocupantes conhecem as vantagens e desvantagens que o tipo de construção pode trazer para o conforto;
 - 11b.ii. O tipo de ocupação, padrões e a tipologia do espaço apresentam grande influência;

- 11b.iii. Os ocupantes influenciam de forma direta ou indireta estes sistemas, como por exemplo, abrir janelas, aceder a válvulas termostáticas de radiador, etc.;
- 11b.iv. As expectativas do utilizador e o grau de controlo devem ser combinados para que haja um equilíbrio entre as preferências dos ocupantes.
- 11c. Como é que os sistemas propostos pelo projetista AVAC interagem entre si e de que forma estes influenciam o conforto térmico dos ocupantes do edifício;
- 11d. A necessidade ou não de um controlo manual acionado pelos ocupantes do edifício acessível para qualquer sistema automático.

3.2. ENE 01 – REDUCTION OF ENERGY USE AND CARBON (REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E CARBONO)

Este indicador tem como objetivo reconhecer e encorajar a projeção de edifícios que apresentem uma eficiência energética elevada, isto é, em que sejam mínimas às necessidades de energia térmica, os consumos de energia primária e as emissões de CO₂. Neste encontram-se disponíveis 15 créditos [14].

Para a obtenção dos créditos deve-se recorrer à metodologia de cálculo do esquema “Guidance Note GN25”, que constitui o manual BREEAM utilizado. Esta metodologia, ao contrário do indicador Hea 04, considera três métricas de desempenho do edifício modelado, em que duas dessas métricas, o edifício previsto e o edifício referência, baseiam-se na metodologia de cálculo nacional (NCM) e a outra métrica consiste num edifício que apresenta as melhores práticas, o edifício BREEAM, um edifício que adota as características presentes no Apêndice A. Caso um país não possua uma metodologia de cálculo nacional em conformidade com a metodologia BREEAM, ou se os projetistas assim o entenderem, deve-se adotar um outro método de cálculo. É de salientar que caso se decida seguir com esta segunda opção, apenas se pode atingir um máximo de 10 créditos [14]. Através da metodologia de cálculo BREEAM, obtém-se um índice de desempenho energético para novas construções internacionais (EPR_{INC}). O valor obtido será comparado com os valores da Tabela 9, daí se retirando o número correspondente de créditos BREEAM [14].

Tabela 9 - Escala de referência de EPR_{INC} do indicador Ene 01 [14]

Créditos BREEAM	EPR _{INC}	Observações
1	0,06	Para obter um ou mais créditos é necessária uma melhoria ao nível do edifício imaginário, também conhecido como edifício referência. Este edifício pode ser gerado através de três formas diferentes. A primeira opção baseia-se nos regulamentos nacionais dos edifícios. As restantes duas opções apenas estão disponíveis em países onde os regulamentos não são tão rigorosos.
2	0,12	
3	0,18	
4	0,24	
5	0,30	
6	0,36	

Créditos <i>BREEAM</i>	EPR _{INC}	Observações
7	0,42	Para se obter uma avaliação <i>BREEAM</i> de Excelente é necessário um EPR _{INC} mínimo de 0,36 (6 créditos).
8	0,48	
9	0,54	
10	0,6	Para se obter uma avaliação <i>BREEAM</i> de Excepcional é necessário um EPR _{INC} mínimo de 0,6 (10 créditos).
11	0,66	
12	0,72	
13	0,78	
14	0,84	
15	0,9	

Para a metodologia de cálculo *BREEAM*, ou cálculo métrico triplo, deve-se recorrer ao programa de simulação para se obter os seguintes parâmetros:

- Necessidades de energia (MJ/m².ano);
- Consumo de energia primária (kWh/m².ano);
- Emissões de CO₂ (kgCO₂/m².ano).

Estes parâmetros devem ser obtidos para cada um dos edifícios simulados. O desempenho de cada uma das variáveis é obtido através do cálculo do nível de melhoria do edifício, pensado relativamente à linha base de referência, isto é, ao edifício de referência, conforme os regulamentos locais. Tendo sido estabelecido o nível de melhoria, este deve ser convertido numa pontuação, através da utilização de um “tradutor de desempenho”. Por fim, as pontuações obtidas em cada uns dos parâmetros referidos devem ser somados obtendo-se o EPR_{INC} [40].

No que diz respeito à metodologia de cálculo triplo do indicador Ene 01 o desempenho de cada parâmetro pode ser obtido através da seguinte equação:

$$y = 1 - x^{\log(1 - 'policy\ decision') / \log(n)} \quad (4)$$

Em que:

y → Desempenho de cada parâmetro (necessidades energéticas, consumo de energia primária e emissões de CO₂);

x → Rácio de desempenho;

n → Tradutor de desempenho;

Os tradutores de desempenho são específicos a cada projeto, pois são estabelecidos através da aplicação das melhores práticas *BREEAM* no modelo de construção. Isto significa que, para além dos edifícios definidos pelos regulamentos de construção locais (edifício de referência e edifício previsto), é necessário modelar termicamente o edifício *BREEAM*. Esta fase adicional é necessária para alinhar a especificação do desempenho do edifício real, como concebido, com a especificação das melhores práticas *BREEAM* [40].

Os cálculos das variáveis expostas do lado direito da equação são realizados por meio de uma comparação entre o edifício real e *BREEAM* com o edifício de referência. Assim, se os resultados do edifício de referência forem superiores aos restantes, então as variáveis assumem valores entre 0 e 1, caso contrário, iguais ou superiores a 1. Por fim, '*Policy decision*' são valores fixos definidos pela legislação nacional.

Existem duas formas distintas de determinar os consumos de energia do edifício previsto e o de referência. De acordo com o sistema de certificação energética, determina-se com base em simulação dinâmica multizona (SDM), que é utilizado para edifícios com várias zonas térmicas, ou com base no cálculo dinâmico simplificado monozona (CDSM), que apenas funciona para edifícios ou corpos com apenas uma zona térmica.

Para determinar as necessidades e os consumos anuais de energia do edifício (com múltiplas zonas térmicas), com base na sua localização, características da envolvente, eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização, deve-se recorrer a um programa acreditado pela norma *ASHRAE 140*, que deve ser capaz de modelar:

- Múltiplas zonas térmicas;
- Com variação horária de uma hora ou menos, durante um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- As mudanças periódicas das cargas internas derivadas da ocupação, da iluminação e dos equipamentos, em separado;
- Os parâmetros de funcionamento dos sistemas de climatização e dos pontos de configuração dos termóstatos das zonas térmicas;
- A recuperação de calor proveniente do ar rejeitado;
- A inércia térmica do edifício.

Para realizar estas simulações pode-se recorrer a ferramentas certificadas, como por exemplo o *Energy+*, *Trace*, *HAP*, etc. Relativamente ao *Energy+*, muitas interfaces recorrem a este programa de simulação, como é o caso do *DesignBuilder*.

O CDSM deve ser executado através do balanço de energia numa base horária, de acordo com a metodologia prevista pela Norma EN ISO 13790.

Para a aplicação do SDM e do CDSM deve-se ter em conta as regras e orientações presentes no Anexo A, relativamente ao edifício previsto e de referência.

3.3. FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO DINÂMICO MULTIZONA - *DESIGNBUILDER*

A avaliação do consumo de energia dos edifícios requer, normalmente, perfis de energia dos edifícios, de hora a hora, pelo que simulações de computador podem ser utilizadas para obter estas informações.

O programa de simulação de energia de edifícios é capaz de calcular as cargas de aquecimento e arrefecimento necessárias para manter os *setpoints* de controlo térmico, as condições ao longo do sistema AVAC e o consumo de energia dos equipamentos primários da instalação, bem como muitos outros detalhes de simulação que são necessários para verificar se a simulação está a reproduzir o funcionamento do edifício real [41].

O *Energy+* é um programa utilizado por engenheiros e/ou arquitetos para analisar energias e simular cargas térmicas. Os resultados obtidos dependem da informação fornecida pelo utilizador relativamente à geometria, materiais de construção, finalidade de utilização e sistemas técnicos de um edifício, sendo alguns exemplos: sistemas AVAC, ventilação, iluminação, produção de AQS, etc [41]. Isto significa que o programa é uma ferramenta de linha de comando que, atendendo a arquivos de entrada (*inputs*), produz arquivos de saída (*outputs*) e os analisa. No entanto, para que seja possível obter os *outputs* através dos *inputs*, o programa necessita de uma interface, ou seja, existe um *software* que pode ser utilizados para comunicar entre o *Energyplus* e o utilizador e permitem que este último introduza as características do edifício obtendo os *outputs* e a respetiva análise. Um dos *software* é o *DesignBuilder* e permite modelar edifícios complexos de forma simples e rápida.

Esta ferramenta tem como propósito facilitar o processo de simulação dos edifícios, pois combina a modelação rápida em 3D com simulações dinâmicas de energia. Permite especificar alguns parâmetros de forma a fornecer uma ampla gama de oportunidades para trabalhar em

projetos que necessitam de uma grande pormenorização [42]. A Figura 6 representa o menu principal do *software*, onde se pode observar os vários elementos que constituem os edifícios e as opções iniciais de modelação.

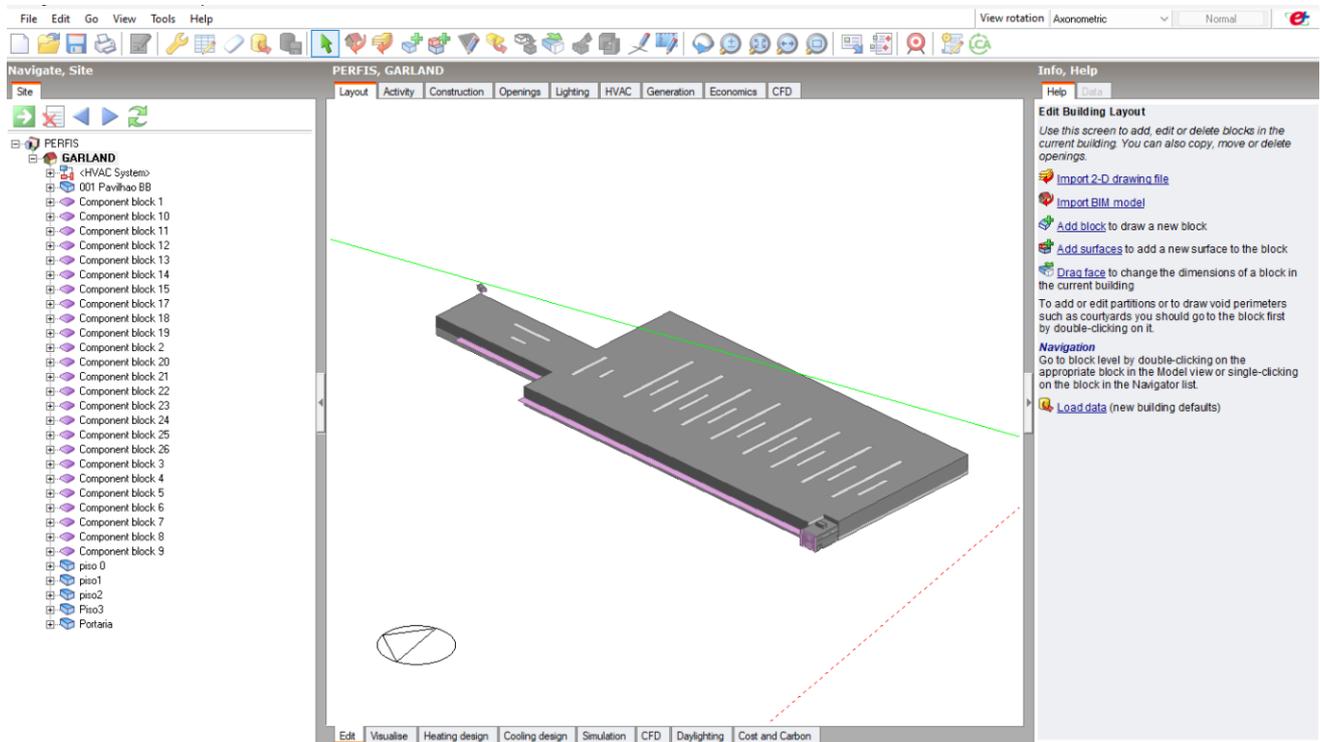


Figura 6 - Menu do *DesignBuilder*

Na imagem supracitada pode-se observar que o *DesignBuilder* apresenta vários separadores distintos. Os nove separadores superiores dizem respeito aos dados de entrada, contudo os últimos três não são necessários para este tipo de simulações. O separador “*Layout*” permite visualizar o edifício e os seus vários elementos e modelar o edifício. No separador “*Activity*” são definidos grande parte dos *inputs*, tais como os fatores intrínsecos a cada indivíduo, a ocupação e o seu perfil, os *setpoints* das temperaturas de aquecimento e arrefecimento, os equipamentos que constituem o edifício e o respetivo perfil, o ar novo, etc.

Tanto no separador da “*Construction*” como no dos “*Openings*” são definidas todas as soluções construtivas da envolvente opaca e da envidraçada, respetivamente. A potência de iluminação por espaço e o respetivo perfil podem ser definidos em “*Lighting*”.

Por fim, o último separador “*HVAC*” diz respeito à criação de um sistema AVAC simplificado, onde se pode definir para cada espaço o tipo de sistema que este possui. No entanto, existe uma forma detalhada de definir o AVAC e a ventilação do edifício e, para isso

é necessário alterar, nas definições do projeto, o tipo de AVAC desejado. Estas alterações passam por mudar o “Simple HVAC” para “Detailed HVAC” acedendo ao comando “Model Options”. A Figura 7 é referente ao menu do HVAC detalhado e para aceder a este deve-se escolher o comando “HVAC System” (comando destacado na árvore de trabalho presente na figura). Neste menu é possível dividir os espaços por zonas térmicas, isto é, por zonas que representam as relações existentes entre os diferentes sistemas de climatização e ventilação. Além destes, é possível detalhar as características técnicas que cada um dos equipamentos e os respetivos perfis de funcionamento.

Nos oito separadores inferiores é possível obter diferentes tipos de simulações e diferentes tipos de resultados. Para o edifício em estudo recorreu-se ao separador “Simulation”, pois é através deste que se obtém as variáveis referentes ao conforto térmico e ao desempenho energético do edifício.

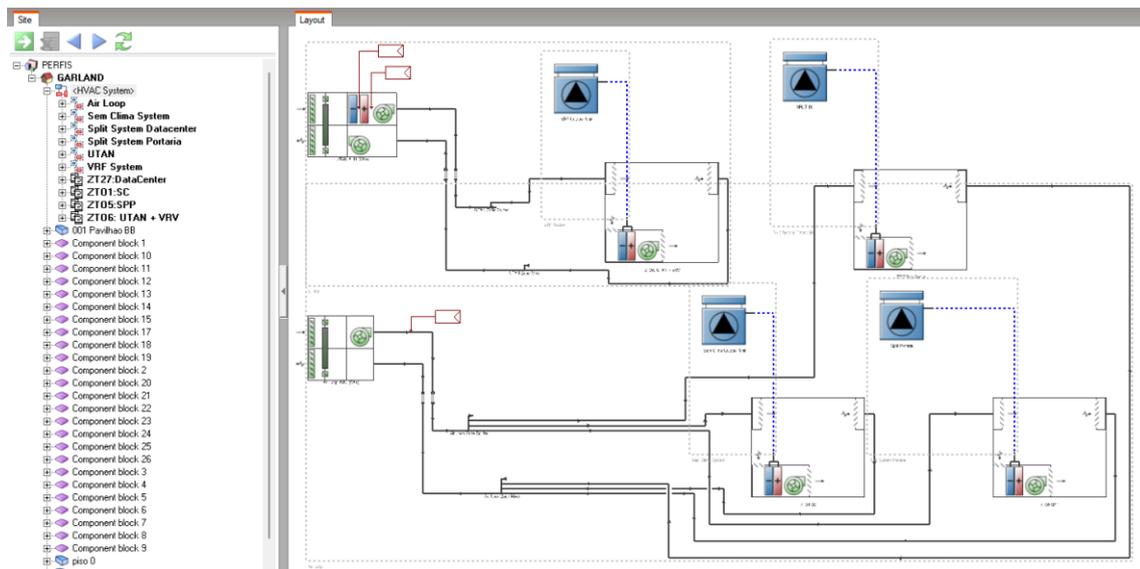


Figura 7 - Modelação detalhada dos sistemas de AVAC e ventilação no DesignBuilder.

Concluindo, a interface gráfica do *software* DesignBuilder é abrangente e intuitiva, permitindo modelar edifícios complexos de forma simples e rápida.

4. CASO DE ESTUDO

O grupo Garland é uma empresa líder nos setores de logística, transporte e navegação, que fornece soluções integrais para o conjunto de necessidades dos seus clientes em regime de *outsourcing*. Além deste tipo de soluções, a Garland também se dispõe a serviços de gestão logística *in-house*, isto é, nas próprias instalações do cliente. O Grupo apresenta várias instalações pelo Norte do país, no entanto, o edifício em estudo encontra-se em construção na Rua Cândido Vítor de Oliveira, nº 360, na freguesia de Valadares, no concelho de Vila Nova de Gaia, no distrito do Porto, Portugal.

Pretende-se que este edifício seja o maior centro de logística da Garland *Logistics* que visiona a consolidação de *stocks*, assegurando uma maior disponibilidade aos clientes/fornecedores.

Com este estudo energético das futuras instalações pretende-se que este siga as boas práticas de inovação e sustentabilidade ambiental e energética, tornando-o um dos maiores exemplos de Portugal.

Este pavilhão irá ser construído na periferia de uma zona urbana, num terreno com cerca de 100 000 m², a 67 m de altitude e a uma distância da costa de 2,37 km.

Na Figura 8 e na Figura 9, respetivamente, é possível observar imagens de satélite do terreno onde a Garland vai ser construída e a distância a que este se vai situar da costa.



Figura 8 - Imagem aérea do terreno onde o edifício se encontra em construção



Figura 9 - Localização do edifício

O edifício possui uma área total de pavimento de cerca de 37 153 m², sendo que só o armazém possui uma área de 36 458 m² e a restante é constituída por escritórios e zonas técnicas. Contudo, apenas apresenta uma área útil de pavimento de 641 m², que, segundo o Manual SCE, é considerado um pequeno edifício de comércio e serviço, PES.

Na Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15 estão presentes as plantas, disponibilizadas pela equipa de projeto, referentes ao novo edifício da Garland. Destas retira-se que o edifício possui fachadas a norte, sul, este e oeste, sendo que a fachada principal se encontra orientada a sul. Na Figura 15, ao contrário do restante edifício, a fachada principal da portaria encontra-se orientada a sudoeste e as restantes a noroeste, nordeste e sudeste. É de destacar que nas plantas do piso 0 estão presentes não só a zona administrativa, como o armazém e a portaria. No Apêndice B, pode-se observar os diferentes alçados da zona administrativa do edifício em estudo.

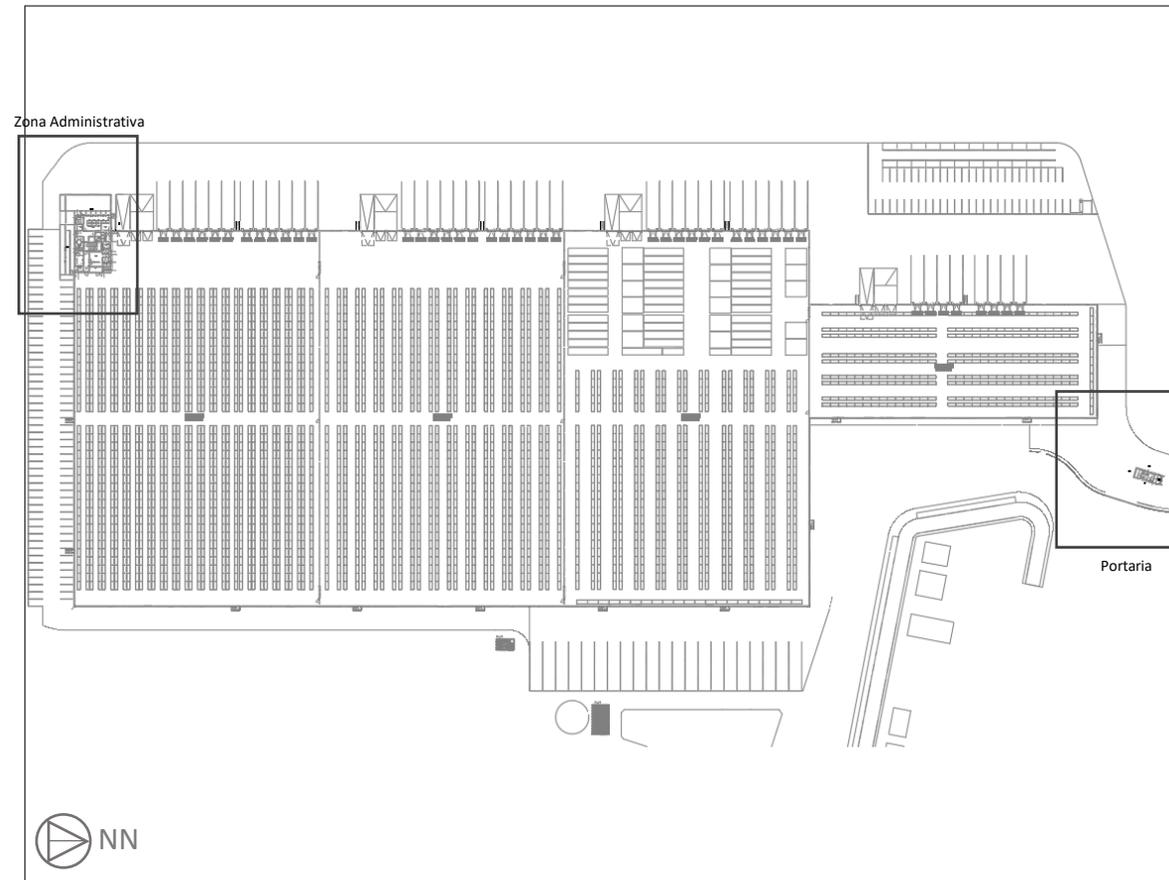


Figura 10 - Planta Geral do Piso 0.

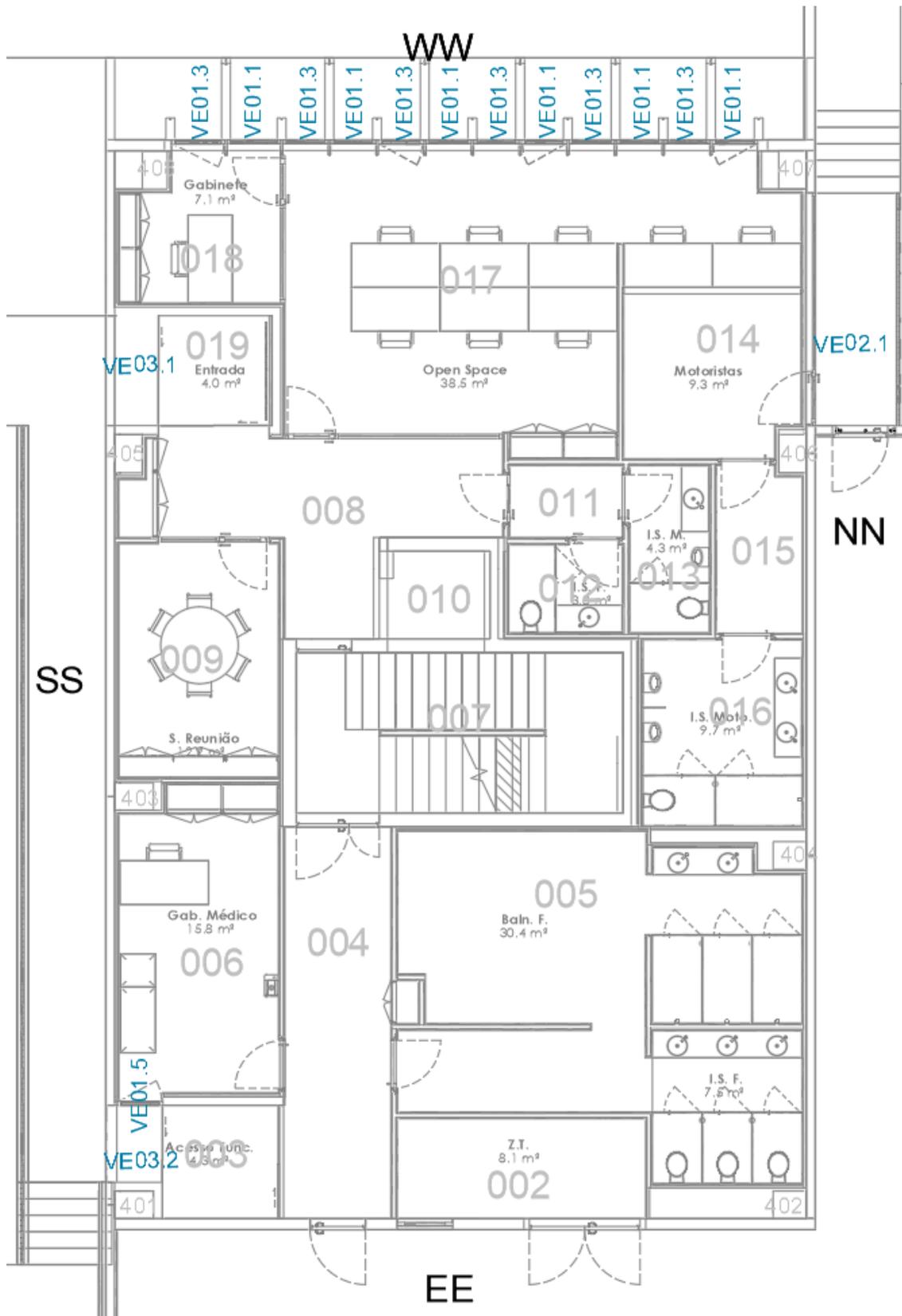


Figura 11 - Planta aproximada do Piso 0 (zona administrativa).

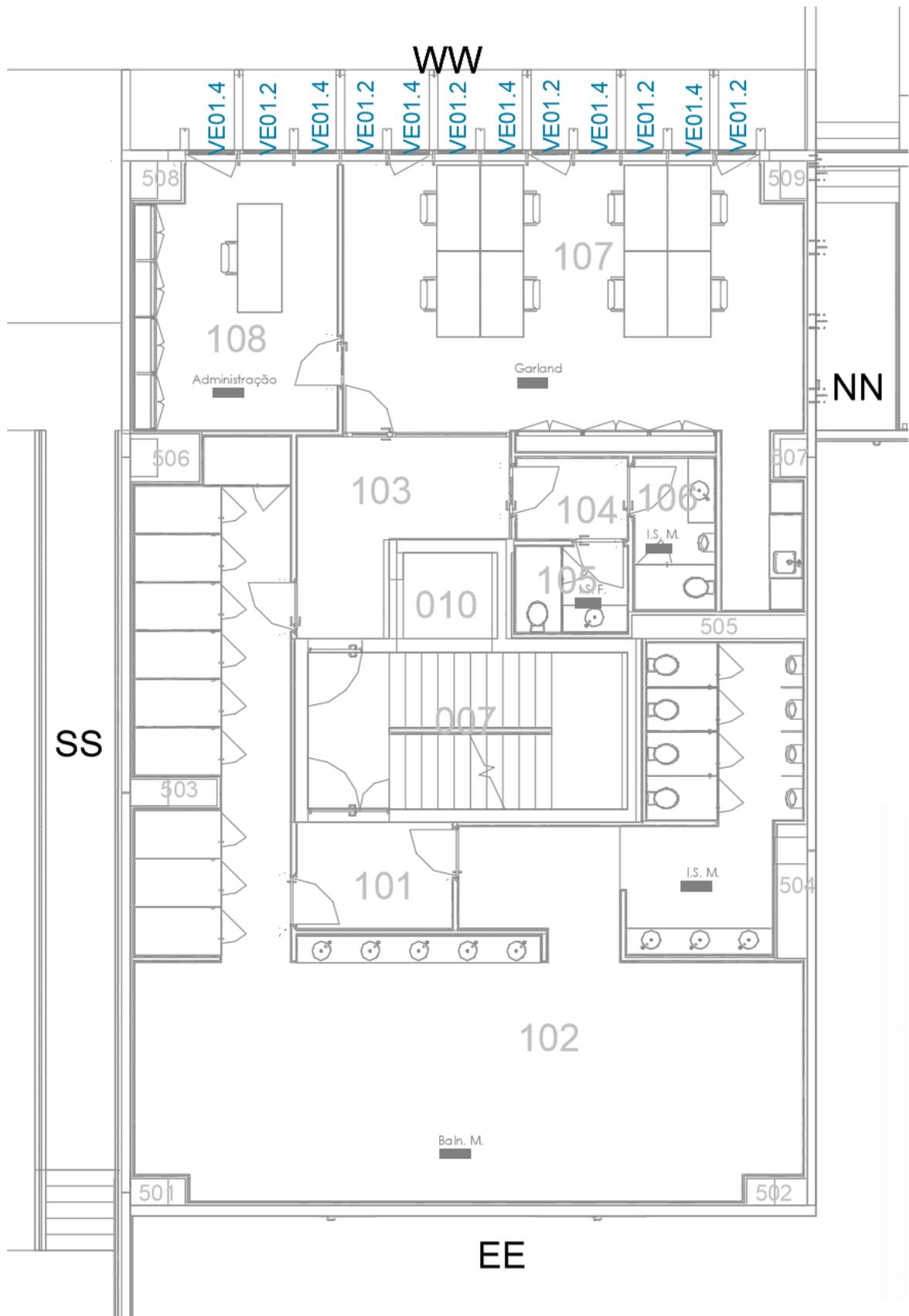


Figura 12 - Planta do Piso 1.

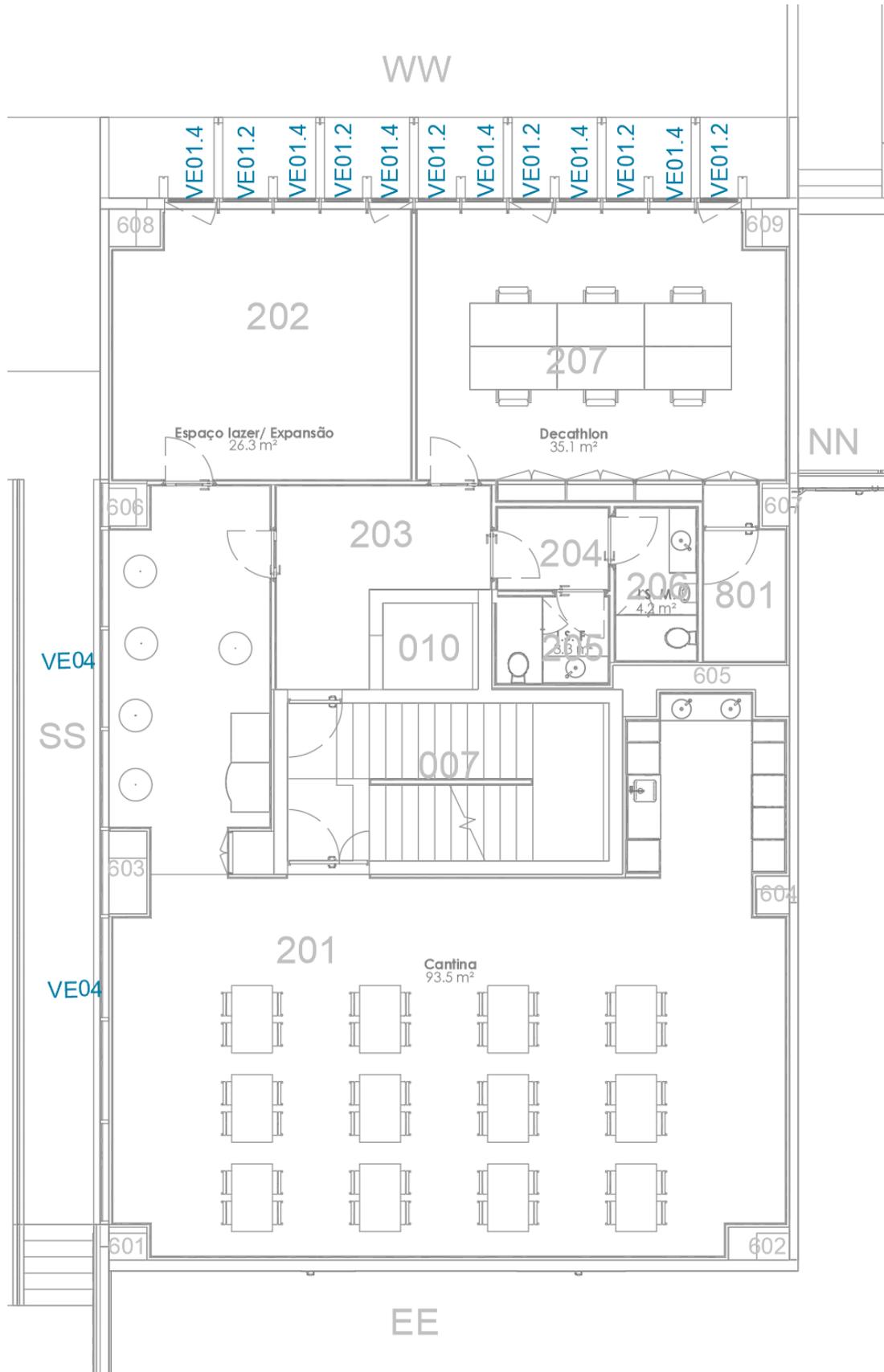


Figura 13 - Planta do Piso 2.

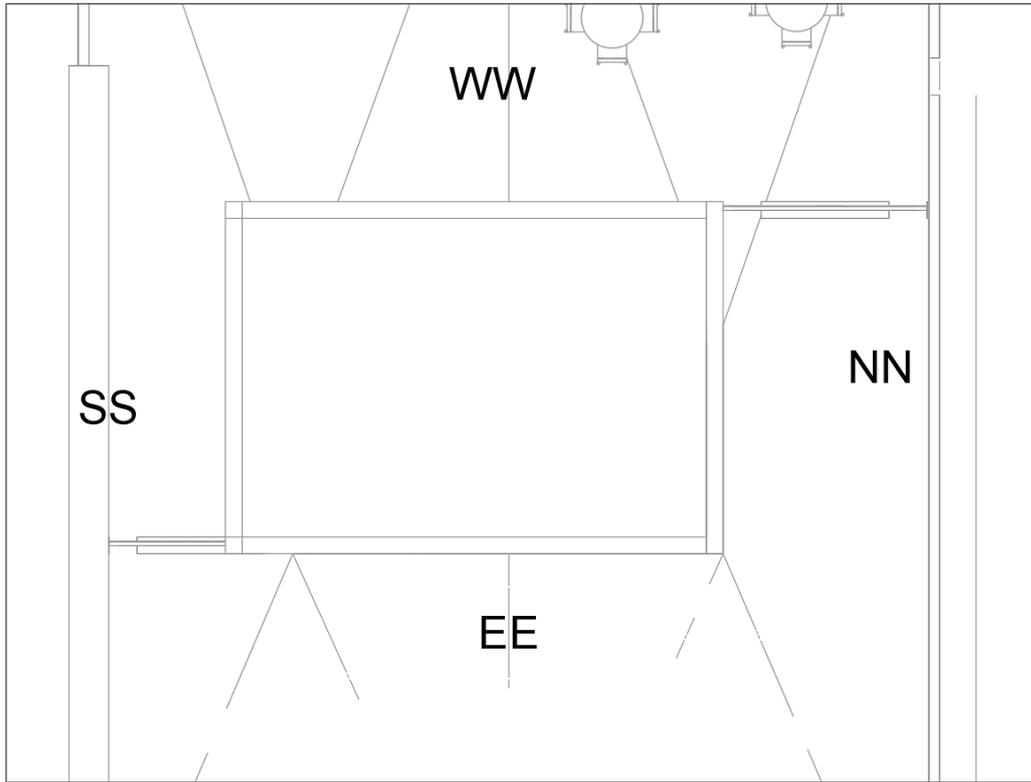


Figura 14 - Planta do Piso 3.

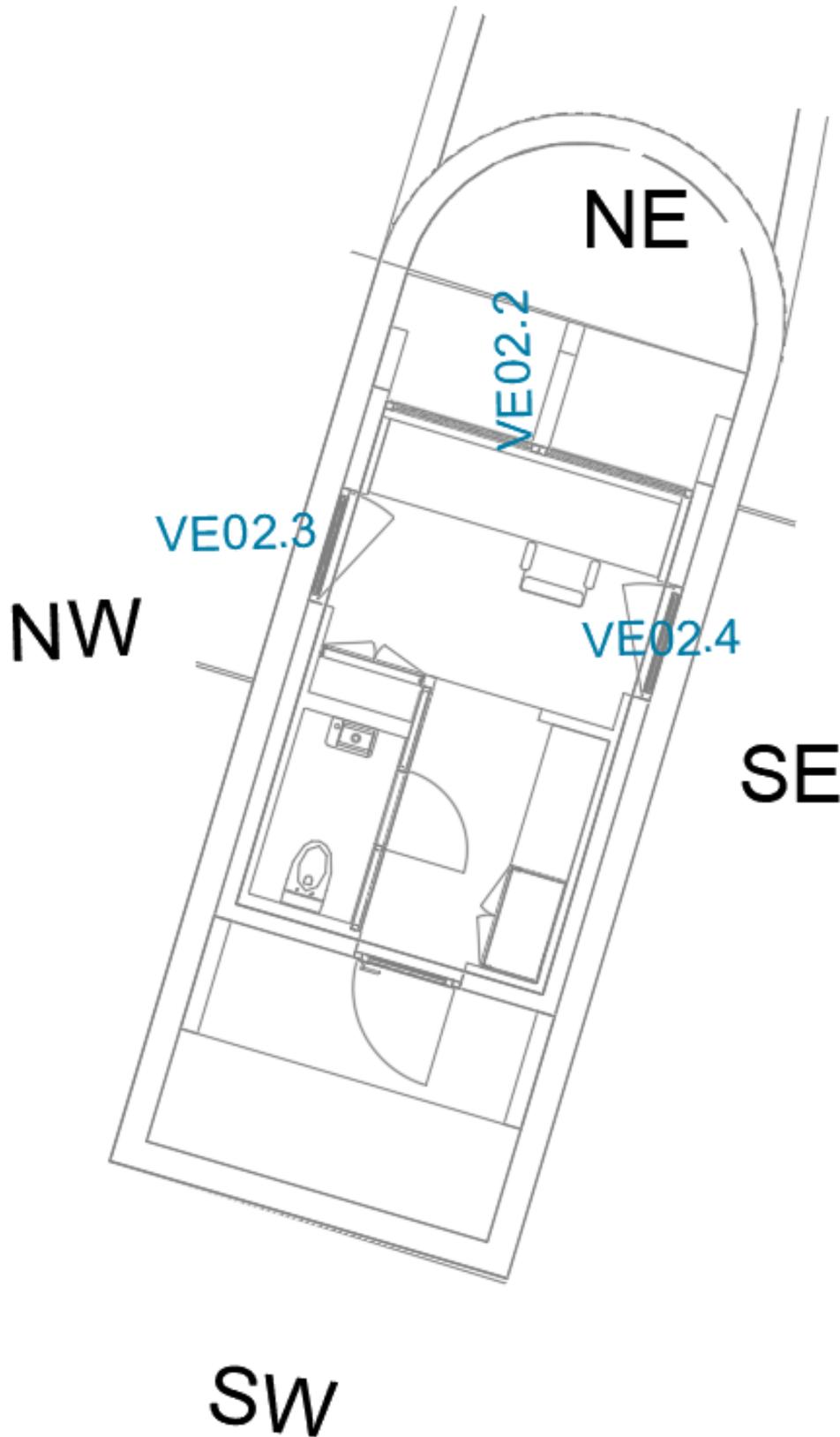


Figura 15 - Planta da Portaria.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício é constituído por três corpos, sendo que um deles é o Armazém, o outro corpo é a Zona Administrativa onde se pode encontrar os escritórios e as zonas técnicas e o último corpo corresponde à portaria. Apesar da Zona Administrativa apresentar 4 pisos, como o último apenas corresponde às escadas que dão acesso ao telhado, então é mais correto dizer que este corpo tem 3 pisos. A zona administrativa do edifício pode ser caracterizada da seguinte forma:

- No centro de cada piso estão presentes as escadas e o elevador, que ligam o piso 0 ao piso 3/cobertura;
- Tanto o piso 0, como o 1 apresentam um conjunto de gabinetes/salas de reunião, instalações sanitárias e balneários. Além destes espaços existe um gabinete médico no piso 0;
- O piso 2 apresenta muitos dos espaços que os outros pisos possuem, contudo, em vez de ter balneários, grande parte deste andar é ocupado por uma cantina.
- Ao longo de todos estes pisos verifica-se a existência de um inúmero conjunto de zonas técnicas, também designadas de coretes, por onde há a passagem de cabos, tubos e condutas dos vários sistemas que constituem o edifício;
- A portaria apenas é constituída por dois espaços, o principal, onde os seguranças passam grande parte do tempo e uma casa de banho.

4.1.1. TIPOLOGIA DO EDIFÍCIO E CATEGORIA DOS ESPAÇOS

Para que se possa proceder à caracterização do edifício segundo a tipologia e a categoria dos espaços é necessário conhecer alguns conceitos definidos pelo Decreto-Lei nº 101-D/2020. Neste é possível distinguir a diferença entre pequenos edifícios de comércio e serviço (PES) de grandes edifícios de comércio e serviço (GES), que como foi referido anteriormente, se um edifício tiver uma área útil de pavimento igual ou superior a 1000 m² então é considerado GES, caso contrário é PES. Contudo, existem situações particulares que fogem a esta regra, isto é, no caso de serem conjuntos comerciais, hipermercados, supermercados ou piscinas cobertas, a partir dos 500 m², inclusive, já são considerados GES [43].

Além destes, no decreto é possível fazer a distinção entre espaços interiores úteis e espaços interiores não úteis. Um espaço interior útil é caracterizado por apresentar condições

de referência, que são considerados aquecidos ou arrefecidos de forma a manter uma temperatura interior que permita atingir o conforto térmico. Nestes estão incluídos não só espaços climatizados, como arrumos interiores, despensas, entradas/átrios ou instalações sanitárias (que para efeito de cálculo energético, embora não sejam climatizados, devem ser tratados como espaços sujeitos às mesmas condições de referência). Deste modo, um espaço interior não útil é desprovido de ocupação humana permanente (sem presença humana superior, em média, a duas horas por dia durante o período de funcionamento do espaço) atual ou prevista, sem consumo de energia atual ou prevista associada ao aquecimento/arrefecimento ambiente para conforto térmico [43].

A Garland Valadares é considerada uma instalação industrial, pelo que, segundo o artigo nº 9 do Decreto-Lei nº 101-D/2020, este edifício está isento do cumprimento dos requisitos aplicáveis aos seguintes componentes:

- Envolvente opaca;
- Envolvente envidraçada;
- Sistemas de ventilação;
- Sistemas de climatização;
- Sistemas de preparação de água quente;
- Sistemas de produção de água quente;
- Sistemas de produção de energia elétrica;
- Instalações de elevação;
- Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos.

Porém, todos os requisitos serão analisados e se possível aplicados como se este não estivesse isento. Assim, dividindo o edifício em diferentes tipologias, em função das atividades realizadas no seu interior. A zona administrativa e a portaria serão consideradas do tipo escritórios e, no total, são constituídos por 63 espaços úteis e não úteis. Quanto ao armazém este possuirá a tipologia de Armazém. Na Tabela 10 estão caracterizados todos os espaços que integram o edifício em estudo.

Tabela 10 - Tipologia dos espaços e dados que os caracterizam

Espaço/Designação	Piso	Tipo de espaço	Área (m ²)	Pé-direito (m)	Ocupação (Nº de pessoas)
001 Pavilhão	0	Espaço interior não útil	36422,9	13,4	---
002 Zona Técnica	0	Espaço interior não útil	9,1	2,7	---
003 Acesso Func.	0	Espaço interior útil	4,8	2,7	---
004 Circulação	0	Espaço interior útil	14,8	2,7	---
005 Balneário F	0	Espaço interior útil	42,8	2,7	7
006 Gab. Médico	0	Espaço interior útil	15,2	2,7	2
007 Escadas	0	Espaço interior útil	21,0	14,7	---
008 Circulação	0	Espaço interior útil	16,7	2,7	---
009 S. Reuniões	0	Espaço interior útil	12,0	2,7	6
010 Elevador	0	Espaço interior útil	4,2	14,7	---
011 Circulação	0	Espaço interior útil	3,2	2,7	---
012 IS F	0	Espaço interior útil	4,3	2,7	---
013 IS	0	Espaço interior útil	5,0	2,7	---
014 Motoristas	0	Espaço interior útil	9,5	2,7	1
015 Circulação	0	Espaço interior útil	5,4	2,7	---
016 IS Motorista	0	Espaço interior útil	11,1	2,7	---
017 <i>Open Space</i>	0	Espaço interior útil	38,4	3,0	
018 Gabinete	0	Espaço interior útil	6,9	3,0	1
019 Entrada	0	Espaço interior útil	4,4	2,7	---
101 Circulação	1	Espaço interior útil	6,0	2,7	---
102 Balneário M	1	Espaço interior útil	108,9	2,7	16
103 Circulação	1	Espaço interior útil	11,5	2,7	---
104 Circulação	1	Espaço interior útil	3,2	2,7	---
105 IS F	1	Espaço interior útil	4,3	2,7	---
106 IS M	1	Espaço interior útil	4,7	2,7	---
107 Garland	1	Espaço interior útil	53,0	3,0	8
108 Administração	1	Espaço interior útil	13,0	3,0	---
201 Cantina	2	Espaço interior útil	116,0	3,0	5
202 Espaço Lazer	2	Espaço interior útil	25,1	3,0	2
203 Circulação	2	Espaço interior útil	11,5	2,7	---
204 Circulação	2	Espaço interior útil	3,2	2,7	---
205 IS F	2	Espaço interior útil	4,3	2,7	---

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

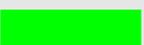
Espaço/Designação	Piso	Tipo de espaço	Área (m ²)	Pé-direito (m)	Ocupação (Nº de pessoas)
206 IS M	2	Espaço interior útil	4,7	2,7	---
207 Decathlon	2	Espaço interior útil	36,2	3,0	---
801 Sala UPS Decathlon P3	2	Espaço interior útil	4,8	3,0	---
401 Corete	0	Espaço interior não útil	0,2	3,5	---
402 Corete	0	Espaço interior não útil	2,1	3,5	---
403 Corete	0	Espaço interior não útil	0,3	3,5	---
404 Corete	0	Espaço interior não útil	0,5	3,5	---
405 Corete	0	Espaço interior não útil	0,2	3,5	---
406 Corete	0	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
407 Corete	0	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
408 Corete	0	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
501 Corete	1	Espaço interior não útil	0,5	3,5	---
502 Corete	1	Espaço interior não útil	0,8	3,5	---
503 Corete	1	Espaço interior não útil	0,7	3,5	---
504 Corete	1	Espaço interior não útil	1,7	3,5	---
505 Corete	1	Espaço interior não útil	1,3	3,5	---
506 Corete	1	Espaço interior não útil	0,8	3,5	---
507 Corete	1	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
508 Corete	1	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
509 Corete	1	Espaço interior não útil	0,4	3,5	---
601 Corete	2	Espaço interior não útil	0,5	3,8	---
602 Corete	2	Espaço interior não útil	0,8	3,8	---
603 Corete	2	Espaço interior não útil	0,7	3,8	---
604 Corete	2	Espaço interior não útil	0,4	3,8	---
605 Corete	2	Espaço interior não útil	2,0	3,8	---
606 Corete	2	Espaço interior não útil	0,3	3,8	---
607 Corete	2	Espaço interior não útil	0,4	3,8	---
608 Corete	2	Espaço interior não útil	0,4	3,8	---
609 Corete	2	Espaço interior não útil	0,4	3,8	---
701 Portaria	0	Espaço interior útil	8,9	2,7	1
702 IS	0	Espaço interior útil	1,7	2,7	---

No Anexo B está presente uma tabela que identifica a tipologia dos espaços segundo a sua designação.

4.1.2. MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE

De maneira a facilitar a perceção das trocas energéticas existentes no edifício, através da sua envolvente, foram identificados visualmente nas plantas. A identificação destas trocas dá-se através da delimitação da envolvente de acordo com as condições de fronteiras entre os elementos que separam os espaços interiores úteis dos restantes ambientes. Na Tabela 11 estão presentes as condições de fronteira possíveis de haver num edifício e o código de cores utilizado para a sua marcação da envolvente nas plantas e alçados.

Tabela 11 - Condições de fronteira e as respetivas cores para a delimitação na envolvente

Códigos de cores (RGB)	Condição de fronteira	Elementos que separam o espaço interior útil
	Exterior	Do ambiente exterior
	Interior com $b_{ztu} > 0,7$	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} > 0,7$
		De zonas de circulação comum com $b_{ztu} > 0,7$
		De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} > 0,7$
	Interior com $b_{ztu} < 0,7$	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} < 0,7$
		De zonas de circulação comum com $b_{ztu} < 0,7$
		De edifícios adjacentes
		De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} < 0,7$
	Sem trocas térmicas	De frações vizinhas de habitação
	Solo	De elementos que contactam o solo

Pela análise da tabela supracitada entende-se que é necessário definir o coeficiente de redução (b_{ztu}) de modo a definir as condições de fronteira. O coeficiente de redução está relacionado com a redução de transferências de calor de um espaço não útil relativamente ao exterior, isto é, quanto menor o valor de b_{ztu} do espaço interior não útil, menor é a diferença de temperaturas entre este e o espaço interior útil, mas maior é a diferença com o exterior, o que implica uma maior troca de calor entre espaço interior não útil e o exterior. Contrariamente, se o valor de b_{ztu} se aproximar de 1, as trocas térmicas passam a ser predominantes entre o espaço interior útil e o não útil. Assim, as trocas térmicas estão diretamente associadas às temperaturas dos espaços interiores não úteis [44].

Para a representação das condições de fronteira nas plantas do edifício em estudo, além das cores presentes na Tabela 11 deve-se considerar que o desenho destas deve ser feito pela superfície interior dos elementos e que as paredes devem ser representadas através de uma linha contínua e os pavimentos e coberturas através da trama presente na Figura 16.

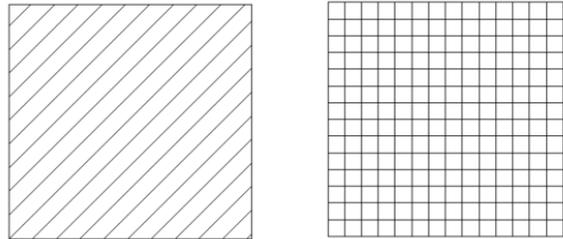


Figura 16 - Exemplo de Tramas a usar para identificar as coberturas e os pavimentos, respetivamente

No Anexo C pode ser encontrado os cálculos do b_{ztu} , de onde resultou a marcação da envolvente apresentada nas Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.

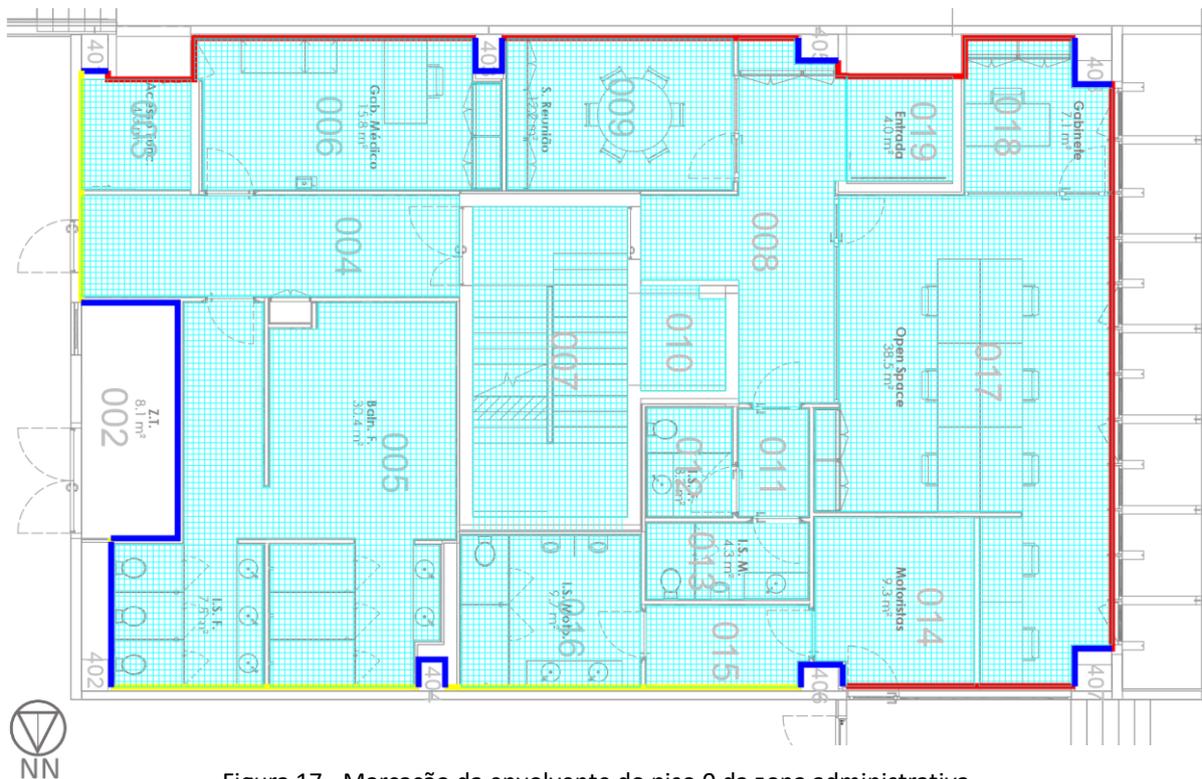


Figura 17 - Marcação da envolvente do piso 0 da zona administrativa

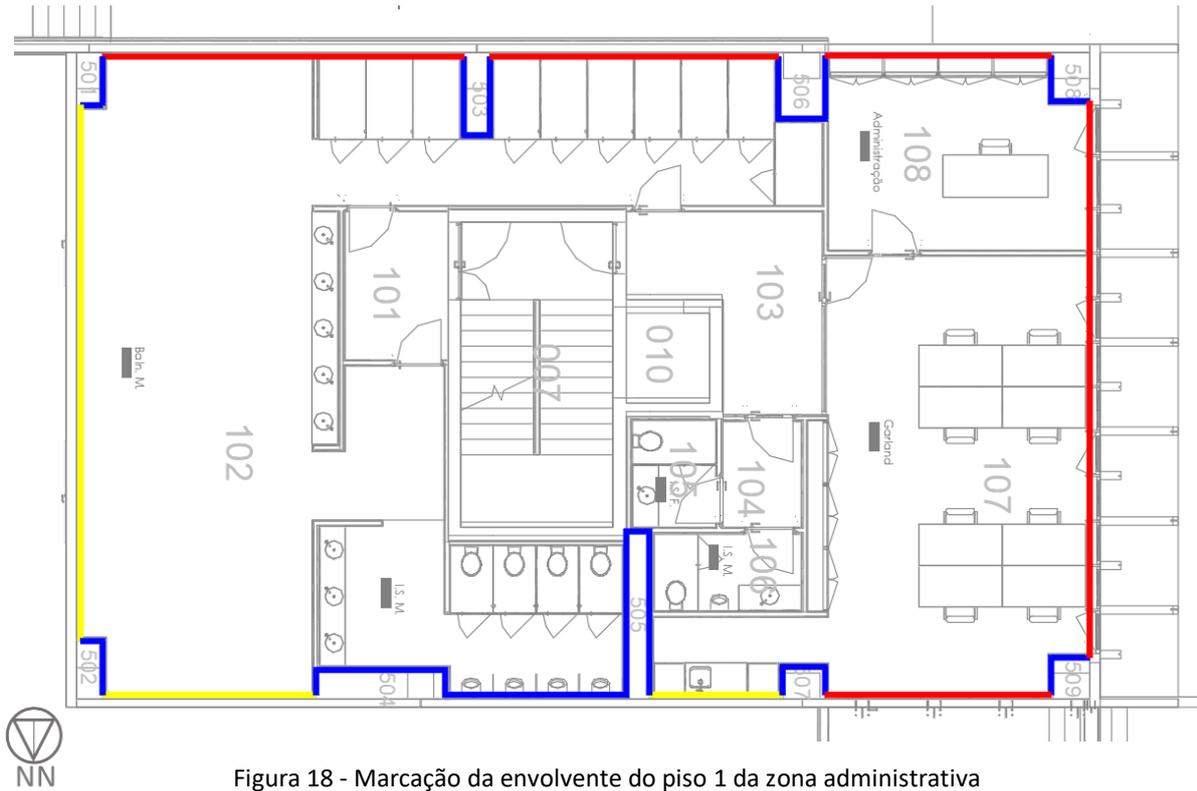


Figura 18 - Marcação da envolvente do piso 1 da zona administrativa

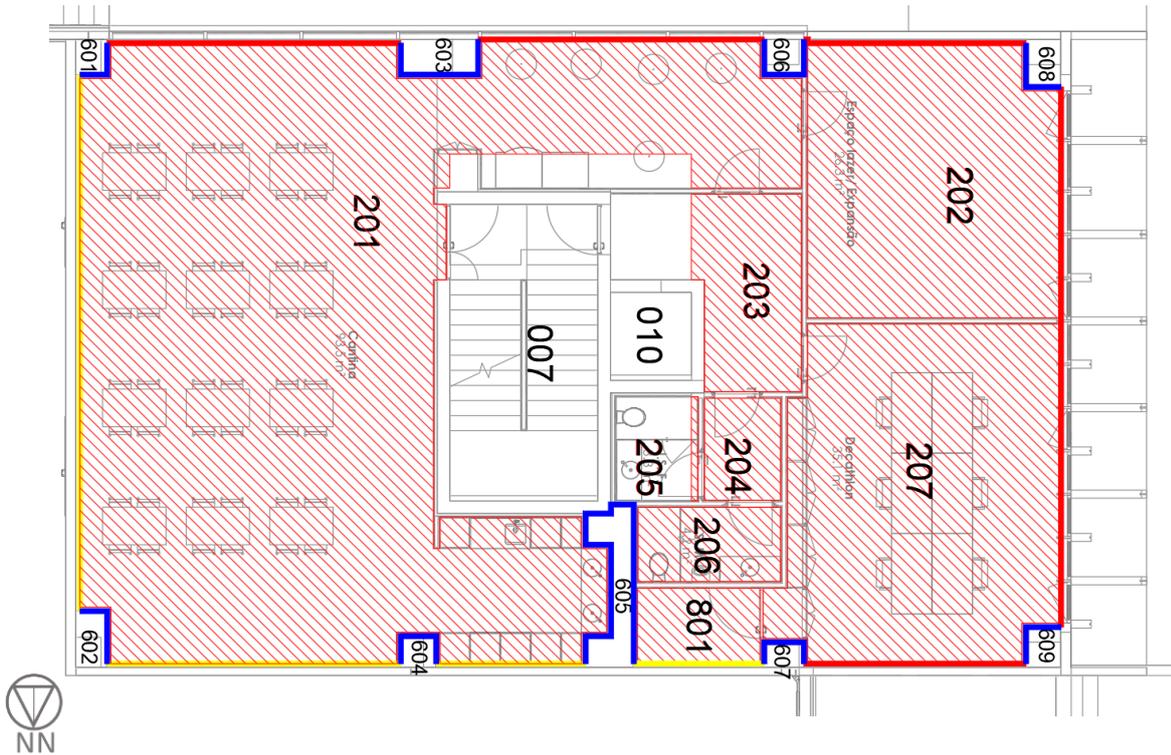


Figura 19 - Marcação da envolvente do piso 2 da zona administrativa

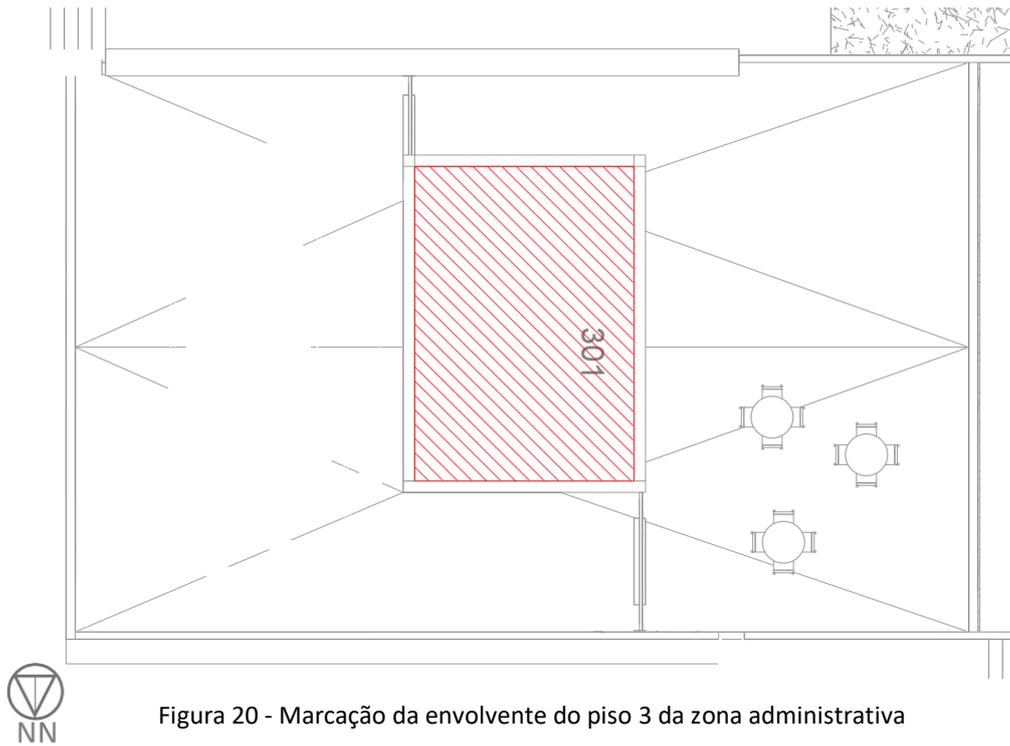


Figura 20 - Marcação da envolvente do piso 3 da zona administrativa

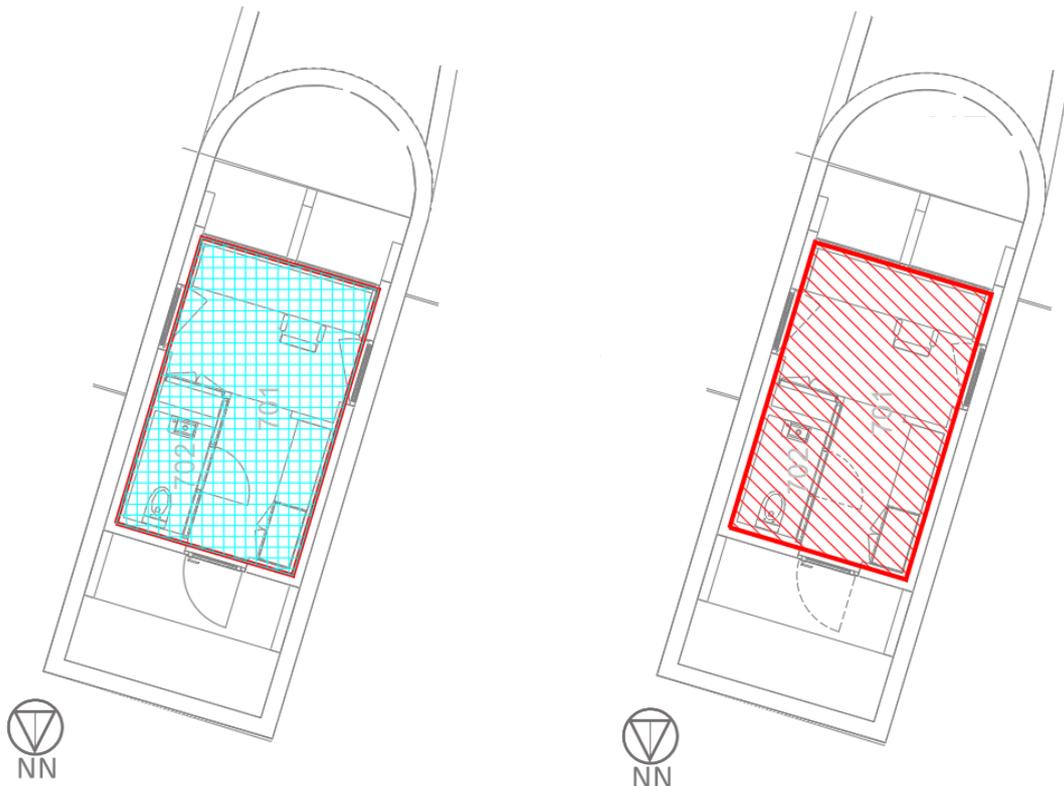


Figura 21 - Marcação da envolvente na portaria a) pavimento e b) cobertura

4.2. ZONEAMENTO CLIMÁTICO

Para que se possa obter um conforto térmico mínimo necessário, é essencial considerar diversos fatores que foram previamente discutidos no subcapítulo 2.2. Entre eles existem algumas variáveis relacionadas com o clima, que são a temperatura, a velocidade, a humidade do ar e a temperatura média de radiação. Todos estes variam de acordo com a sua localização, pelo que é necessário definir a nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos (NUTS III), que pressupõe um sistema hierárquico de divisão do território em regiões. Assim, sabendo que o edifício será construído no concelho de Vila Nova de Gaia, pelo Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de abril, o edifício encontra-se na região do Grande Porto.

Posto isto, o edifício deve ser caracterizado de acordo com a sua zona climática. Dependendo da NUTS III e de outros fatores, as zonas climáticas na estação de inverno são do tipo I1, I2 e I3 e na estação de verão são do tipo V1, V2 e V3.

A estação de aquecimento, ou por outras palavras, a zona climática de inverno pode ser determinada através do número de Graus-dias (GD), na base de 18 °C e a sua unidade SI é °C. Na Tabela 12 apresenta-se os critérios para a determinação da zona climática de inverno.

Tabela 12 - Estação de Aquecimento

Critério	$GD \leq 1300 \text{ }^\circ\text{C}$	$1300^\circ\text{C} < GD \leq 1800 \text{ }^\circ\text{C}$	$GD > 1800 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona Climática de Inverno	I1	I2	I3

Sabendo que o edifício está a ser construído na região do Grande Porto, através da tabela 9 do manual SCE, é possível obter parâmetros climáticos relevantes não só para o cálculo do número de graus-dias como para o cálculo de outros parâmetros que caracterizam esta zona climática, que são a duração da estação em causa - M [meses], a temperatura exterior média do mês mais frio - $\theta_{ext,i}$ [°C] e a energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul - G_{sul} [Kwh/(m².mês)]. É de salientar que todos estes fatores são referentes apenas à estação de aquecimento, ou seja, quando se fala na temperatura exterior média do mês mais frio, este refere-se ao mês mais frio do intervalo de meses que constituem a zona climática de inverno. Assim, sendo que:

$$\left\{ \begin{array}{l} z - 0,067 \text{ km}; \\ z_{ref} - 0,094 \text{ km}; \\ GD_{ref} - 1250 \text{ }^\circ\text{C}; \\ a - 1600 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}. \end{array} \right\}$$

Em que 'z' e 'z_{ref}' referem-se à altitude do edifício e à altitude de referência para o Grande Porto, respetivamente, 'GD_{ref}' é o parâmetro climático graus-dias à cota referência e 'a' representa o ajuste de altitude para a variável graus-dias. Então, pela seguinte equação é possível obter o valor de GD correspondente ao edifício.

$$\begin{aligned} G &= G_{ref} + a \times (z - z_{ref}) & (5) \\ GD &= 1250 + 1600 \times (0,067 - 0,094) (=) \\ (=) GD &= 1250 - 43,2 (=) \\ (=) GD &= 1206,8 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Como GD é igual a 1206,8 °C, ou seja, inferior a 1300 °C, logo verifica-se que a zona climática de Inverno é I1.

Para a estação de arrefecimento existem apenas dois parâmetros que o caracterizam que são a temperatura exterior média nesta estação - $\theta_{ext,v}$ [°C] e a energia solar média incidente numa superfície horizontal (0°) ou vertical (90°), acumulada durante a estação de arrefecimento - G_{sol} [Kwh/m²]. O valor de G_{sol} varia de acordo com a orientação da superfície.

Esta estação integra 4 meses do ano, junho, julho, agosto e setembro e para que se possa obter a zona climática que lhe corresponde recorre-se as seguintes variáveis:

$$\left\{ \begin{array}{l} z - 0,067 \text{ km}; \\ z_{ref} - 0,094 \text{ km}; \\ \theta_{ext,v_{ref}} - 20,9 \text{ }^\circ\text{C}; \\ a - 0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}. \end{array} \right\}$$

Estas são usadas na equação 6.

$$\begin{aligned} \theta_{ext,v} &= \theta_{ext,v_{ref}} + a \times (z - z_{ref}) & (6) \\ \theta_{ext,v} &= 20,9 + 0 \times (0,067 - 0,094) (=) \\ (=) \theta_{ext,v} &= 20,9 - 0 (=) \end{aligned}$$

$$(\Rightarrow) \theta_{ext,v} = 20,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Segundo a Tabela 13, como $\theta_{ext,v}$ é igual a 20,9 °C, ou seja, inferior a 22 °C, mas superior a a 20 °C, então verifica-se que a zona climática de verão é V2.

Tabela 13 - Estação de Arrefecimento

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

Conclui-se que, para a região do Grande Porto, o edifício em estudo está inserido nas zonas climáticas I1 e V2.

4.3. ENVOLVENTE OPACA

Antes de caracterizar as transferências de calor que se dão através de toda a envolvente opaca do edifício, é necessário perceber quais os elementos que constituem a mesma. Diz-se envolvente opaca a parte da envolvente que não é transparente, isto é, paredes, pavimentos, coberturas, pontes térmicas planas (PTP) e portas. Esta, além de fornecer uma estrutura ao edifício também permite que este mantenha a sua temperatura interna, reduzindo as necessidades de climatização, ou seja, a envolvente opaca é importante para o desempenho energético do edifício, pois permite a redução do consumo de energia [45].

É necessário entender que só se deve ter em consideração portas opacas com uma área de envidraçado inferior a 25% da área total. Contudo, como o edifício em estudo apenas apresenta portas opacas no armazém, ou seja, espaço não útil, estas não são tidas em conta.

Para os restantes elementos que constituem a envolvente opaca será apresentado, nas tabelas seguintes deste capítulo, as soluções construtivas, o cálculo do seu coeficiente de transmissão térmica [U] e as propriedades mais relevantes para as trocas de calor dos materiais que as compõem.

Na Portaria nº 138-I/2021, para efeitos do Decreto-Lei nº 101-D/2020, estão presentes os requisitos máximos necessários a cumprir para edifícios novos. Assim, para uma zona climática I1 V2, os coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos verticais e horizontais da envolvente opaca, são 0,70 [W/(m².°C)] e 0,50 [W/(m².°C)], respetivamente.

Para cada elemento da envolvente o U pode ser obtido através do inverso da resistência total [R_{tot}] do elemento, isto é:

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{si} + \sum j R_j + R_{se}} \quad (7)$$

Em que:

R_{si} – Resistência térmica superficial interior [(m².°C)/W];

R_j – Resistência térmica da camada j [(m².°C)/W];

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior [(m².°C)/W];

Como se pode verificar na equação supracitada, a resistência total do elemento é igual à soma das resistências superficiais com o somatório das resistências de cada camada.

É de salientar que apenas vão ser apresentadas as soluções construtivas e os U's de alguns elementos, pelo que, a informação dos restantes elementos pode ser consultada no Anexo D.

4.3.1. ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR

A diferença de temperatura que existe entre os espaços interiores e os demais ambientes faz com que haja um fluxo de calor a passar pelos elementos. Cada um destes é constituída por uma ou mais camadas que oferecem uma certa resistência à passagem do fluxo, pelo que quanto maior a espessura de cada camada, maior vai ser a resistência oferecida. Pelo contrário, uma das propriedades térmicas intrínsecas aos materiais é a condutibilidade térmica, que como o nome indica é capacidade do material conduzir o calor, logo esta apresenta uma relação de proporcionalidade inversa para com a resistência. Sendo o coeficiente de transmissão térmica o inverso da resistência do elemento, então significa que este se refere à capacidade de quantificar a quantidade de calor que atravessa perpendicular cada elemento. Por outras palavras, o U é uma variável que permite quantificar a potência térmica que atravessa cada m² por diferença de grau celsius.

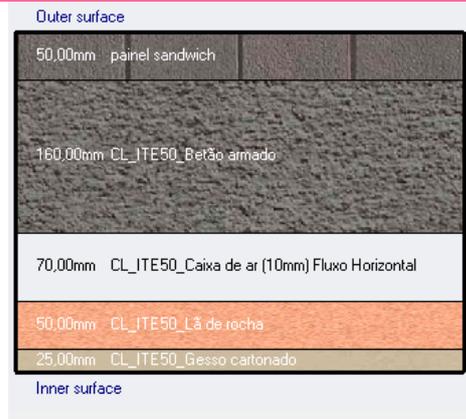
Na Tabela 14 e na Tabela 15 pode-se verificar a constituição de alguns elementos da envolvente opaca exterior, as suas propriedades e o cálculo do U.

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Tabela 14 - Determinação do U das paredes exteriores do tipo PDEO2 e PDEO5

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

PDEO2



8,97 0,25 0,70

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11
Espuma rígida de poliisocianurato (PIR) - Painel Sandwich Microperfilado	0,05	0,022	2,27	40	2	Apêndice C
Caixa de ar Fluxo horizontal - Espessura de 25 a 300 mm	0,07	0	0,18	0	0	ITE50, I.11
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,16	2	0,08	2300	368	ITE50, I.5
Lã de Rocha (MW)	0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3
Placas de gesso cartonado	0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,25			

PDEO5



1242,33 0,37 0,70

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição				Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
						Solução	Máx. Regulamentar
	Espuma rígida de poliisocianurato (PIR) - Paineis Sandwich Microperfurado	0,05	0,022	2,27	40	2	Apêndice C
	Caixa de ar Fluxo horizontal - Espessura de 25 a 300 mm	0,07	0	0,18	0	0	ITE50, I.11
	Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,16	2	0,08	2300	368	ITE50, I.5
	RSI horizontal	0,13					ITE50, I.11
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]		0,37			

Tabela 15 - Determinação do U da cobertura exterior do tipo CBEO2

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
CBEO2	<p>Outer surface</p> <p>5,00mm - CL ITE50_Membrana impermeabilizante(not to scale)</p> <p>60,00mm - CL ITE50_Poliestireno expandido extrudido (XPS)</p> <p>80,00mm - CL ITE50_Reboço tradicional</p> <p>150,00mm - CL ITE50_Betão armado</p> <p>300,00mm - CL ITE50_Caixa de ar (15 a 300mm) Fluxo Vertical (Asc.)</p> <p>25,00mm - CL ITE50_Gesso cartonado(not to scale)</p> <p>Inner surface</p>	13,65	0,46	0,50

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11
Membranas flexíveis impregnadas com betume – telas de impermeabilização	0,005	0,23	0,02	1000	5	ITE50, I.9
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) - isolamento XPS	0,06	0,037	1,62	35	2,1	ITE50, I.3
Argamassas e rebocos tradicionais - reboco	0,08	1,3	0,06	1800	144	ITE50, I.7
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,15	2	0,08	2300	345	ITE50, I.5
Caixa de ar fluxo vertical ascendente - Espessura de 15 a 300 mm	0,3	0	0,16	0	0	ITE50, I.11

Código	Descrição				Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
		Solução	Máx. Regulamentar				
Placa de gesso cartonado	0,025	0,25	0,1	750	18,8	ITE50, I.7	
	RSI vertical ascendente	0,10				ITE50, I.11	
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,46				

As soluções construtivas aqui presentes foram propostas pela equipa de projeto. Ao analisar as tabelas supracitas e o Anexo D, conclui-se que a solução proposta para as paredes PDE03 e PDE07 não estão de acordo com os requisitos máximos da envolvente opaca. A PDE03 apenas se encontra presente no piso 3, que é constituído exclusivamente pela caixa das escadas que dá acesso à cobertura e a solução PDE07 corresponde a um dos elementos que separa o armazém do exterior.

Para a envolvente exterior é necessário ter em conta a absorptância solar (α_{sol}), que é determinada pela cor da camada exterior, uma vez que os ganhos solares na estação de arrefecimento dependem desta propriedade. Posto isto, a envolvente opaca exterior da Garland apresenta uma absorptância solar de 0,5.

4.3.2. ENVOLVENTE OPACA INTERIOR

A envolvente opaca interior é constituída pelos elementos que separam espaços interiores úteis dos espaços interiores não úteis. Estes elementos estão presentes na zona administrativa do edifício. Apenas a envolvente interior que faz a separação para um espaço com um $b_{ztu} > 0,7$ é que tem que verificar requisitos máximos. Dos elementos que constituem a envolvente opaca interior, a parede do tipo PDIO1 é a única sujeita a máximas regulamentares.

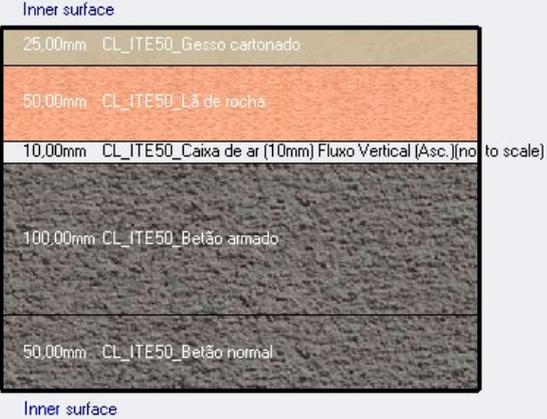
Na Tabela 16 e na Tabela 17 pode-se verificar a constituição de alguns elementos da envolvente opaca interior, as suas propriedades e o cálculo do U. Os restantes podem ser verificados no Anexo D.

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Tabela 16 - Determinação do U do elemento vertical interior

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)				
			Solução	Máx. Regulamentar			
PDIO3	 <p>25,00mm CL ITE50_Gesso cartonado</p> <p>50,00mm CL ITE50_Lã de rocha</p> <p>20,00mm CL ITE50_Caixa de ar (15mm) Fluxo Horizontal</p> <p>25,00mm CL ITE50_Gesso cartonado</p>	27,51	0,53	---			
Lista de materiais / resistências superficiais		Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI horizontal				0,13			ITE50, I.11
Placas de gesso cartonado		0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
Caixa de ar fluxo horizontal - Espessura = 15 mm		0,02	0	0,17	0	0	ITE50, I.11
Lã de Rocha (MW)		0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3
Placas de gesso cartonado		0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
RSI horizontal				0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]		0,53			

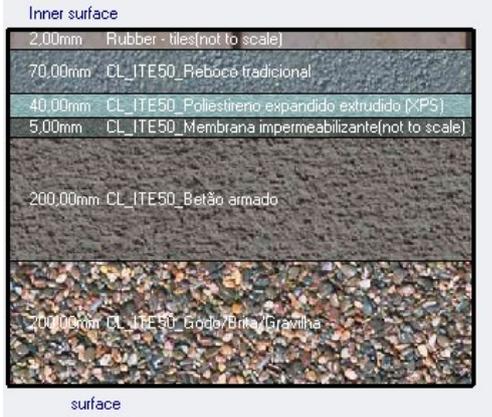
Tabela 17 - Determinação do U do elemento horizontal interior

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)				
			Solução	Máx. Regulamentar			
CBIO1		5,00	0,34	---			
Lista de materiais / resistências superficiais		Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI vertical ascendente				0,10			ITE50, I.11
Betão normal		0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%		0,1	2	0,05	2300	230	ITE50, I.5
Caixa de ar de fluxo vertical ascendente - Espessura = 10 mm		0,01	0	0,15	0	0	ITE50, I.11
Lã de Rocha (MW)		0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3
Placa de gesso cartonado		0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
RSI vertical ascendente				0,10			ITE50, I.11
Regulamentar?	---		U [W/m ² .°C]	0,56			

4.3.3. PAVIMENTOS TÉRREOS

Como a condição de fronteira destes elementos não é nem exterior nem interior com $bztu > 0,7$, então não apresentam requisitos máximos a cumprir.

Tabela 18 - Determinação do U do pavimento térreo do tipo PVT01

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
PVT01		227,03	0,31	---

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI vertical descendente			0,17			ITE50, I.11
Areia, gravilha, seixo, brita (B) – camada de brita	0,2	2	0,10	1700	340	ITE50, I.9
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,2	2	0,10	2300	460	ITE50, I.5
Membranas flexíveis impregnadas com betume – telas de impermeabilização	0,005	0,23	0,02	1000	5	ITE50, I.9
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) - isolamento XPS	0,04	0,037	1,08	35	1,4	ITE50, I.3
Argamassas e rebocos tradicionais - reboco	0,07	1,3	0,05	1800	126	ITE50, I.7
Linóleo	0,002	0,17	0,01	1200	2,4	ITE50, I.10
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	0,31			

4.4. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

Tal como as soluções construtivas da envolvente opaca, as soluções para a envolvente envidraçada foram fornecidas pela equipa de projeto. Para que se possa estudar as soluções apresentadas é necessário calcular o coeficiente de transmissão térmica e perceber se este e o fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados (g_{tot}) cumprem os requisitos máximos impostos na Portaria nº 138-I/2021. Para uma zona climática I1 V2, segundo a tabela 6 e 8 da portaria, o $U_{máx}$ e o $g_{tot,máx}$ são de 3,3 W/m².°C e 0,56, respetivamente.

Na zona administrativa e na portaria quase todos os envidraçados são constituídos por um vidro duplo sistema *SGG Climalit Plus* e a caixilharia sem corte térmico Navarra N14200 ou N15000, excepto as portas de entrada da zona administrativa que vão ser de vidro simples, fixos por calhas de inox. Esta informação encontra-se mais pormenorizada na Tabela 19.

As características técnicas dos envidraçados foram retirados das fichas técnicas do Apêndice C.

Tabela 19 - Constituição dos envidraçados.

Designação da Solução	Descrição Detalhada	Orientação	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)		Fator Solar g	
				Solução	Vidro gvi	Vão gtot	
VE01	Vão envidraçado vertical simples, com caixilharia de alumínio com corte térmico Navarra N14200, com vidro duplo sistema SGG Climalit Plus, constituído por vidro exterior COLL.LITE ST 136 de 6mm e vidro interior STADIP incolor 44.1. Este possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 3,12 W/(m ² .°C), fator solar do vidro de 0,35 e fator solar com a proteção solar ativada a 100% de 0,18. Proteção solar interior do tipo cortinas ligeiramente transparentes (modelo Screen, série 2000, ref ^o 100) de cor clara.	Este	1,8	3,12	0,35	0,18	
		Oeste	59,3				
VE02	Vão envidraçado vertical simples, com caixilharia de alumínio com corte térmico Navarra N14200, com vidro duplo sistema SGG Climalit Plus, constituído por vidro exterior COLL.LITE ST 136 de 6mm e vidro interior STADIP incolor 44.1. Este possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 3,12 W/(m ² .°C), fator solar do vidro de 0,35. Sem proteção solar.	Norte	9,4	3,12	0,35	0,35	
		Noroeste	2,3				
		Nordeste	5,9				
		Sudeste	2,3				
VE03	Vão envidraçado vertical simples, com calha superior e inferior de fixação em inox, com vidro simples incolor laminado de 5+5mm de espessura. Este possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 5,50 W/(m ² .°C), fator solar do vidro de 0,80. Sem proteção solar.	Sul	7,8	5,50	0,80	0,80	
VE04	Vão envidraçado vertical simples, com caixilharia de alumínio com corte térmico Navarra N15000, com vidro duplo sistema	Sul	11,1	3,78	0,35	0,35	

Designação da Solução	Descrição Detalhada	Orientação	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)		
				Solução	Vidro gvi	Vão gtot
	SGG Climalit Plus, constituído por vidro exterior COLL.LITE ST 136 de 6mm e vidro interior STADIP incolor 44.1. Este possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 3,78 W/(m ² .°C), fator solar do vidro de 0,35. Sem proteção solar.					

Ao analisar a tabela verifica-se que os envidraçados VE03 e VE04 não cumprem os requisitos do coeficiente de transmissão térmica. Contudo, como se pode observar no método de verificação do fator solar exposto no Anexo E, todos os envidraçados apresentam um fator solar dentro dos intervalos regulamentares.

4.5. INÉRCIA TÉRMICA

A carga térmica é a quantidade de calor que deve ser retirada ou fornecida de um determinado espaço ou sistema, por unidade de tempo. O cálculo da carga térmica é bastante importante, pois afeta o dimensionamento dos sistemas técnicos, ou seja, é um cálculo que influencia de forma significativa os custos operacionais, o consumo de energia e, conseqüentemente, impacta o conforto térmico. Uma forma de diminuir as perdas e os ganhos de calor é através da inércia térmica do edifício [46].

A inércia térmica depende da capacidade térmica do material, isto é, da quantidade de calor que é necessária para elevar a temperatura num m² de material. Existem materiais com uma elevada inércia térmica, como por exemplo o betão e o tijolo, que demoram mais para aquecer ou arrefecer, em comparação com outros de baixa inércia [47].

Num edifício, uma envolvente opaca com uma alta inércia garante uma regulação da temperatura interior, pois os seus elementos construtivos apresentam uma maior capacidade de acumular calor [48].

Para efeitos regulamentares, como se pode observar na Tabela 20, existem três classes de inércia térmica:

Tabela 20 – Classe de inércia térmica segundo o valor de I_t

Classe de Inércia Térmica	I_t [kg/m ²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Como se observa na tabela, a classe de inércia térmica pode ser caracterizada como fraca, média e forte, e depende do valor da inércia térmica do edifício. Este valor é obtido através da seguinte equação:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \times r_i \times S_i}{A_p} \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad (8)$$

Em que:

M_{si} – Massa superficial útil do elemento construtivo i [kg/m²];

r_i – Fator de redução de M_{si} (depende da resistência térmica do elemento de revestimento R [(m² · °C)/W]);

S_i – Área da Superfície interior do elemento i [m²];

A_p – Área Útil de pavimento [m²];

De acordo com as características da envolvente do edifício e dos cálculos presentes no Anexo F, a classe de inércia do edifício é média ($I_t = 209,295 \text{ kg/m}^2$).

4.6. SISTEMAS TÉCNICOS

Neste subcapítulo vão ser abordados todos os sistemas técnicos que compõe o edifício, que individualmente garantem um melhor funcionamento do edifício, no entanto, em conjunto são fundamentais, pois são responsáveis pela eficiência deste e por fornecer suporte às atividades diárias, garantindo conforto aos seus ocupantes.

Os elementos que constituem estes sistemas, para edifícios novos ou renovados, devem estar devidamente caracterizados relativamente às suas características térmicas, no qual devem ser demonstradas através das suas fichas técnicas.

Todos os dados aqui referidos podem ser encontrados nas fichas técnicas presentes no Apêndice C.

4.6.1. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO (AVAC)

Para a produção térmica, encontram-se instaladas três unidades do tipo “split”, uma do tipo “VRV” e uma do tipo bomba de calor. Na generalidade da zona administrativa é utilizada a VRV, que é utilizada para climatizar 10 espaços ao longo dos 3 principais pisos. A unidade exterior encontra-se localizada na cobertura do edifício e está ligada a um total de 12 unidades interiores do tipo cassetes.

Na Tabela 21 é apresentada unidade exterior e as respetivas unidades interiores do sistema VRV e as características técnicas.

Tabela 21 - Características técnicas da unidade do tipo VRV utilizada

Zona Administrativa				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [49]
VRV	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	ARUM241LTE5	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica Aq.	13,70 kW	
		Potência Elétrica Arr.	15,16 kW	
		COP	4,91	
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [49]
		EER	4,43	
		SCOP	5,03	
		ESEER	9,72	
		Potência Aq.	67,2 kW	
		Potência Arr.	67,2 kW	
		Quantidade	1	
Localização: Cobertura da zona administrativa				
Unidade Interior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [50]
VRV	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	ARNU12GTRB4	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica	17,00 W	
		Potência Aq.	4,00 kW	
		Potência Arr.	3,60 kW	
		Quantidade	3	
Localização: 107 Garland AA e 202 Espaço Lazer AA				
Unidade Interior				

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Tipo		Fonte de Energia	Características		Fotografia [51]
VRV	Eletricidade	Marca	LG		
		Modelo	ARNU21GTQB4		
		Ano	2024		
		Potência Elétrica	28,00 W		
		Potência Aq.	6,80 kW		
		Potência Arr.	6,00 kW		
		Quantidade	4		

Localização: 017 *Open Space* AA, 201 *Cantina* AA e 207 *Decathlon* AA

Unidade Interior

Tipo		Fonte de Energia	Características		Fotografia [52]
VRV	Eletricidade	Marca	LG		
		Modelo	ARNU07GTRB4		
		Ano	2024		
		Potência Elétrica	13,00 W		
		Potência Aq.	2,50 kW		
		Potência Arr.	2,20 kW		
		Quantidade	1		

Localização: 108 *Administração* AA

Unidade Interior

Tipo		Fonte de Energia	Características		Fotografia [53]
VRV	Eletricidade	Marca	LG		
		Modelo	ARNU05GTRB4		
		Ano	2024		
		Potência Elétrica	13,00 W		
		Potência Aq.	1,80 kW		
		Potência Arr.	1,60 kW		
		Quantidade	4		

Localização: 006 *Gab. Médico* AA, 009 *S. Reuniões* AA, 014 *Motoristas* AA e 018 *Gabinete* AA

Na zona administrativa, mais especificamente o espaço 801 Sala *UPS Decathlon*, é onde vão estar os bastidores, isto é, estruturas que abrigam todas as componentes elétricas do edifício, que distribuem a eletricidade para os diferentes espaços e diferentes equipamentos. É nestes que se dá o controlo central da distribuição segura da energia. Assim, é necessário garantir climatização neste espaço de forma que não exista mudanças bruscas de temperatura de maneira a danificar o mesmo. Posto isto, o projetista AVAC pensou em dois sistemas do tipo “split” para a climatização deste espaço garantindo que caso um deles falhe, o outro continua a climatizar o mesmo.

Como se observa na Tabela 22, as unidades exteriores destes sistemas estão localizadas na cobertura da zona administrativa.

Tabela 22 - Características técnicas das unidades do tipo split utilizadas

Data Center				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [54]
Split	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	S18ET.UL2	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica Aq.	1,61 kW	
		Potência Elétrica Arr.	1,56 kW	
		COP	3,60	
		EER	3,20	
		SCOP	4,30	
		ESEER	7,00	
		Potência Aq.	5,80 kW	
		Potência Arr.	5,00 kW	
		Quantidade	2	

Localização: Cobertura da zona administrativa

Unidade Interior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [55]
Split	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	S18ET.NSK	
		Ano	2024	
		Quantidade	2	

Localização: 801 Data center AA

Neste complexo industrial, o edifício da portaria encontra-se na ponta oposta da zona administrativa, pelo que foi necessário aplicar uma unidade de climatização específica para esta. Assim, para a sua climatização foi usada um sistema do tipo “split”, em que a sua unidade exterior situa-se na cobertura da portaria.

As características técnicas do sistema que climatiza a portaria são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Características técnicas das unidades do tipo split usada na portaria

Portaria				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [56]
Split	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	UUA1.ULO	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica Aq.	1,11 kW	
		Potência Elétrica Arr.	0,97 kW	
		COP	3,71	
		EER	3,51	
		SCOP	4,00	
		ESEER	6,70	
		Potência Aq.	4,10 kW	
		Potência Arr.	3,40 kW	

		Quantidade	1	
--	--	------------	---	--

Localização: Cobertura da portaria

Unidade Interior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [57]
Split	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	CT12.FNR0	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica	28,00 W	
		Quantidade	1	

Localização: 701 Portaria AA

Por último, o sistema de climatização é composto por uma bomba de calor em vez de climatizar diretamente o espaço, a bomba de calor está diretamente ligada à UTAN (unidade de tratamento de ar novo). Este equipamento é utilizado para climatizar o ar insuflado nos espaços pela UTAN, de forma que não sejam inseridas cargas térmicas contrárias ao desejado. Por exemplo aquando da estação de aquecimento, ao inserir ar novo diretamente do exterior, este irá injetar ar frio no interior do edifício o que levará a um arrefecimento da temperatura interior do edifício. Assim, o uso da bateria de aquecimento da UTAN alimentada pela bomba de calor permite que o ar insuflado esteja aquecido, não provocando desconforto térmico e não influenciando a eficiência do equipamento.

Na Tabela 24 estão presentes as características da bomba de calor.

Tabela 24 - Características técnicas das unidades do tipo Bomba de calor

UTAN				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [58]
Bomba de Calor	Eletricidade	Marca	LG	
		Modelo	HM091M.U43	
		Ano	2024	
		COP	2,15	

UTAN

EER	4,2
SCOP	4,45
Eseer	4,00
Potência Aq.	9,00 kW
Potência Arr.	9,00 kW
Quantidade	1



Localização: Cobertura da zona administrativa

Deste modo a potência térmica total instalada de aquecimento e arrefecimento do ambiente, associada aos presentes sistemas, é de 91,9 kW e 89,6 kW, respetivamente.

4.6.2. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Uma ventilação adequada do edifício é bastante importante para garantir uma boa qualidade de ar interior (QAI) e, por isso, é necessário cumprir alguns requisitos relativamente ao ar novo nos edifícios. De salientar, que existem exceções, como é o caso desta instalação industrial, no entanto para garantir um melhor conforto dos ocupantes na zona administrativa, recorreu-se aos cálculos de ar novo mínimo, por espaço, para o dimensionamento dos sistemas de ventilação. Todo este processo foi pensado e realizado pelo projetista, pelo que houve certos cuidados a ter por parte deste. Como por exemplo, ambos os sistemas de ventilação instalados neste edifício estarem localizados nas respetivas coberturas de forma que fosse de fácil acesso para futuras inspeções e manutenções.

Para o dimensionamento do sistema de ventilação da zona administrativa, o projetista teve de ter em conta os consumos associados, as cargas térmicas que este poderá introduzir nos espaços e o caudal de ar novo mínimo necessário para cada espaço. Como foi referido anteriormente, foi necessário estabelecer uma ligação entre o sistema e a bomba de calor de forma a manipular o ar novo introduzido nos espaços. Para finalizar, nesta zona o projetista pensou numa UTAN para garantir os requisitos mínimos. No Anexo G é possível verificar os valores de caudal de ar novo mínimo considerado para cada espaço.

As características deste sistema de ventilação são apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 - Características técnicas da UTAN

Zona Administrativa				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [59]
UTAN	Eletricidade	Marca	EVAC	
		Modelo	UTA-RP 50 plus50	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica Motor Insuflação	1,70 kW	
		Potência Elétrica Motor Extração	1,42 kW	
		Potência da Bateria de Aq.	18,19 kW	
		Potência da Bateria de Arr.	10,68 kW	
		Caudal Insuflação	6785,00 m ³ /h	
		Caudal Extração	6785,00 m ³ /h	
		Quantidade	1	
		Horas de Funcionamento	21 h/dia	
		Dias de Funcionamento	261 dias/ano	
		Perda de Carga Total	300,00 Pa	
		Eficiência de Recuperação Aquecimento	81 %	
		Eficiência de Recuperação Arrefecimento	76 %	
Localização: Cobertura da zona administrativa				
Espaços que serve: 005 Balneário F AA, 006 Gab. Médico AA, 008 Circulação AA, 009 S. Reuniões AA, 015 Circulação AA, 017 <i>Open Space</i> AA, 018 Gabinete AA, 102 Balneário M AA, 103 Circulação AA, 107 <i>Garland</i> AA, 108 Administração AA, 201 Cantina AA, 202 Espaço Lazer AA, 203 Circulação AA e 207 <i>Decathlon</i> AA				

Na portaria não existe nenhum espaço sujeito a insuflação de ar, no entanto será implementado um ventilador de extração para que possa fazer extração de ar na instalação sanitária. As propriedades deste ventilador podem ser verificadas na Tabela 26.

Tabela 26 - Características técnicas do ventilador de extração

Portaria				
Unidade Exterior				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [60]
Ventilador de Extração	Eletricidade	Marca	S&P	
		Modelo	TD-350/100-125 SILENT ECOWATT	
		Ano	2024	
		Potência Elétrica Motor Extração	0,03 kW	
		Caudal Extração	340,00 m ³ /h	
		Quantidade	1	
		Horas de Funcionamento	21 h/dia	
		Dias de Funcionamento	261 dias/ano	
Localização: Cobertura da Portaria				
Espaços que serve: 702 IS AA				

4.6.3. ÁGUAS QUENTES E SANITÁRIAS (AQS)

Para a produção de águas quentes sanitárias recorreu-se a um Hydro kit. Esta solução inovadora, lançada pela LG, é relativamente recente no mercado, e apresenta características que contribuem para um edifício mais eficiente e ecológico. Este, além de apresentar uma redução bastante significativa em emissões de CO₂, também contribui para um consumo reduzido de energia. Para tal, o *Hydro kit* permite aquecer as águas destinadas ao consumo humano reutilizando o calor desperdiçado pela VRV implementada no edifício [61]. Este sistema apresenta um elevado desempenho energético, pelo que constitui uma vantagem para esquemas de avaliação ecológica dos edifícios, que é o caso do BREEAM.

Para o dimensionamento do depósito de acumulação foi necessário perceber quais as necessidades de AQS do edifício. Sendo este constituído por dois balneários, considerou-se uma média de 50 banhos por turno, sendo que cada pessoa gasta à volta de 45 L cada uma. Assim, seria necessário um depósito com uma capacidade mínima de 2250 L.

As características do *Hydro Kit* podem ser analisadas na Tabela 27. De salientar que este equipamento permite aquecer a água até aos 45°C.

Tabela 27 - Características técnicas do Hydro Kit

Zona Administrativa					
Unidade Exterior					
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [62]	
Hydro kit	Eletricidade	Marca	LG		
		Modelo	ARNH08GK3A4		
		Ano	2024		
		COP	5,00		
		Potência Aq.	25,20 kW		
		Quantidade	1		
		Sistema de apoio	Não tem		
		Evidências de tubagem isolada?	Sim		
		Marca e modelo depósito(s) AQS	Videira		
		Capacidade unitária	3000 l		
		Consumo	3000 l/dia		
			261 dias/ ano		

Localização: 002 Zona Técnica BB

4.6.4. ILUMINAÇÃO

Como o projeto não está obrigado a cumprir os requisitos, não foi fornecido, por parte do projetista eletrotécnico, o estudo luminotécnico.

A iluminação interior é assegurada por intermédio de 1205 lâmpadas Led com uma potência total de 73.01 kW (100%). Esta informação pode ser validade através da seguinte tabela:

Tabela 28 - Quantidades e potências da iluminação interior

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (kW)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Percentagem (%)
LED	112	0,013	1,46	73,01	100%

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (kW)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Percentagem (%)
	5	0,014	0,07		
	13	0,015	0,20		
	12	0,018	0,22		
	2	0,028	0,06		
	24	0,031	0,74		
	6	0,038	0,23		
	2	0,045	0,09		
	2	0,060	0,12		
	1027	0,068	69,84		
Total	1205			73,01	100%

Este edifício tem um horário de funcionamento de 21h, pelo que é bastante importante assegurar iluminação no exterior do mesmo, não só por questões de produtividade, como de segurança. As características da iluminação exterior são apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29 - Quantidades e potências das diferentes luminárias utilizadas para iluminação exterior

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (kW)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Percentagem (%)
LED	40	0,120	4,80	7,77	100%
	0	0,062	0,00		
	31	0,042	1,30		
	6	0,05	0,03		
	98	0,015	1,47		
	6	0,028	0,17		
	1	0,03,2	0,00		
Total	182			7,77	100%

É importante mencionar a implementação de iluminação de segurança para garantir segurança e bem-estar em emergência. Assim, foram asseguradas 380 luminárias de segurança com uma potência total instalada de 370W.

Por fim, é necessário referir que será implementado em todos os espaços necessários, sensores de movimento/presença e sensores de regulação de fluxo.

4.6.5. BOMBAS CIRCULADORAS

Para que haja uma correta distribuição de água pelos diferentes espaços, como por exemplo balneários e cantinas, os projetistas propuseram o uso de bombas que apresentam as características expostas na Tabela 30.

Tabela 30 - Bomba circuladora presente no circuito primário do AQS

Zona Administrativa				
Tipo	Fonte de Energia	Características		Fotografia [63]
Bomba Circuladoras	Eletricidade	Marca	Grundfos	
		Modelo	MAGNA1 25-120	
		Ano	2024	
		Utilidade	AQS	
		Potência elétrica	0,1 kW	
		Caudal máximo	2160 l/h	
		Quantidade	1	
Localização: 002 Zona Técnica BB				

4.7. SOLAR FOTOVOLTAICO

Atualmente, o uso de energias provenientes de fontes renováveis apresentam uma mais-valia devido aos seus benefícios ambientais, económicos e regulamentares (para a certificação energética). O uso deste tipo de fontes permite produzir energia de forma limpa, diminuindo as emissões de CO₂ e de outros gases prejudiciais sendo este crucial para que haja mudanças climáticas positivas para o planeta.

Um dos grandes objetivos atuais é, até 2030, tornar os edifícios ZEB (*Zero Energy Building*), isto é, pensar em formas de melhorar substancialmente os padrões de construção em Portugal de maneira que a partir de 2030 os edifícios possuam uma necessidade líquida nula de energia. Para que isto aconteça é fundamental o uso de energias renováveis para autoconsumo.

Assim, para o edifício da Garland foram estudadas viabilidade de aplicar várias fontes de produção de energia renovável, contudo, apenas a aplicação de um sistema solar fotovoltaico mostrava ser uma mais-valia relativamente às necessidades de energia previstas para esta empresa.

A proposta apresentada é constituída por um total de 4 inversores e 400 painéis da JA Solar JAM72S30-545/MR, divididos por 21 *strings*. O sistema solar fotovoltaico será instalado na cobertura do Armazém (numa localização elevada), como demonstrado na Figura 22, com uma inclinação de 15°.

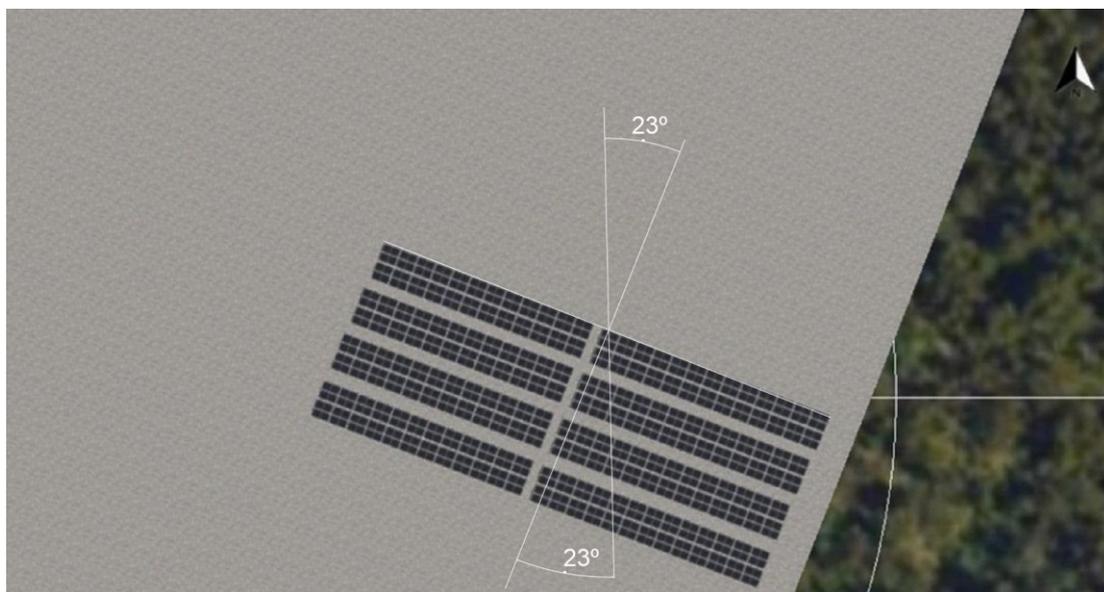


Figura 22 - Imagem panorâmica da modelação 3D

Pela análise da figura verifica-se que 200 dos painéis serão orientados 23° relativamente a norte e os restantes a 23° de sul, no sentido dos ponteiros do relógio, ou seja, estão direccionados a nordeste e sudoeste respetivamente.

Através do programa SCE.ER foi possível analisar a proposta dos painéis fotovoltaicos para as necessidades previstas do edifício, onde se obteve os seguintes resultados (Tabela 31):

Tabela 31 - Impacto da aplicação do sistema fotovoltaico no consumo de energia derivado de fontes não renováveis.

	Quantidade de painéis	Jan.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual	
Necessidades do edifício (AC)		22 974	20 150	22 200	21 258	22 974	21 966	22 200	22 974	20 484	22 974	22 032	21 424	26 2900	kWh
Radiação solar incidente		22 642	32 168	54 157	68 213	84 933	93 958	98 171	85 660	63 238	41 084	25 514	17 646	687 384	kWh
Direção:		Noroeste													
Produção fotovoltaica (DC)	200	5 376	7 706	12 929	16 191	19 945	22 466	22 504	19 701	14 666	9 667	6 029	4 046	160 503	kWh
Produção disponível (AC)		4 893	7 013	11 765	14 734	18 151	20 445	20 479	17 928	13 346	8 797	5 487	3 682	146 061	kWh
Autoconsumo		2 895	3 450	4 438	4 775	5 690	5 373	5 572	5 465	4 465	4 273	3 169	2 363	51 928	kWh
Acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)		1 997	5 560	12 888	22 847	35 308	49 721	51 928	51 928	51 928	51 928	51 928	51 928	51 928	kWh
Direção:		Sudeste													
Produção fotovoltaica (DC)	200	5 357	7 670	12 862	16 117	19 849	22 348	22 373	19 574	14 574	9 627	6 006	4 035	159 672	kWh
Produção disponível (AC)		4 875	6 980	11 705	14 667	18 063	20 337	20 360	17 812	13 263	8 761	5 465	3 672	145 305	kWh
Autoconsumo		2 901	3 453	4 469	4 857	5 987	5 791	5 974	5 714	4 551	4 281	3 178	2 366	53 522	kWh
Acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)		1 975	5 501	12 737	22 547	34 623	48 513	53 522	53 522	53 522	53 522	53 522	53 522	53 522	kWh

Foi necessário realizar dois estudos para a produção fotovoltaico devido às diferentes direções que estes possuem. Apesar de se notar uma ligeira diferença na produção fotovoltaica, ambos cobrem as necessidades do edifício em 20%. De referir, que para 400 painéis, o autoconsumo é superior ao que é entregue à rede. Assim, sendo, a instalação prevista cobre mais de 40% do consumo do edifício e permite uma diminuição das emissões de CO₂ em 15184,8 kg/ano.

4.8. MEIOS DE ELEVAÇÃO

Da informação fornecida por parte da equipa de projeto prevê-se a instalação de um elevador com marca e modelo GRUPNOR MRL Cons. 1:1, com capacidade de carga de 630 kg (8 pessoas). Este meio de elevação é do tipo elétrico de tração, de acesso público, com acesso aos 3 principais pisos da zona administrativa, curso de 8m e velocidade nominal de 1,0 m/s. O elevador apresenta uma categoria de uso 2, logo o número de viagens médias por dia é 125 e que passa 23,80 horas por dia inativo. Todas estas características podem ser verificadas no Apêndice C. Neste pode-se verificar que a sua classe de eficiência energética é A.

Na Figura 23 está presente o modelo de um elevador tipo da marca GRUPNOR.

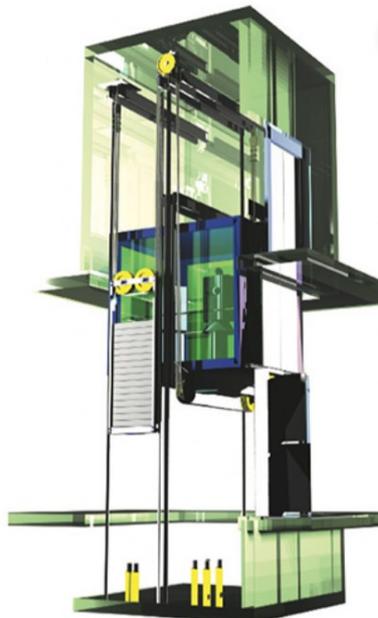


Figura 23 - Meio de ascensão do grupo GRUPNOR [64]

4.9. OUTROS EQUIPAMENTOS

Como a Garland Valadares se trata de um edifício novo, não existe informação relativa aos equipamentos elétricos interiores, com exceção do espaço 801 *UPS Decathlon*, onde vão ser instalados os bastidores do edifício, juntamente com uma UPS, que são frequentemente encontrados em empresas grandes, como é o caso. A função dos bastidores passa por organizar e armazenar de forma compacta todos os equipamentos do edifício e a UPS permite que, caso haja uma falha na rede elétrica, os bastidores se mantenham funcionais por um período de tempo, sem que crie falhas graves no sistema informático. Estes apresentam uma potência de 0,8 kW (a funcionar 100% do tempo) e 16kW (a funcionar 15% do tempo, por causa das dissipações energéticas), respetivamente.

Quanto aos restantes espaços, recorrendo ao Decreto-Lei nº 79/2006 (RSECE), considerou-se uma densidade de potência de 15 W/m², para a generalidade da zona administrativa e 250 W/m² para a Cantina. Posteriormente, estas potências serão consideradas na simulação dinâmica.

5. DADOS DE ENTRADA NA SIMULAÇÃO DINÂMICA MULTIZONA

5.1. CONSTRUÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

A construção do modelo computacional em 3D foi realizado diretamente no DB. Este permite importar as plantas do edifício em “.DXF” reconhecendo todas as linhas e interseções das mesmas e permite também desenhar linhas auxiliares que facilitam a construção do edifício. Para uma simplificação foram descartadas todas as espessuras correspondentes à envolvente do edifício, pelo que este foi modelado pelo interior das paredes exteriores. A modelação é feita através de blocos e por isso, todo o edifício foi dividido em 6 blocos, um para a portaria, outro para o armazém e os restantes para cada piso da zona administrativa.

De seguida, dividiu-se os blocos nos espaços existentes. Tanto as paredes divisórias dos espaços úteis como as paredes interiores, que separam os espaços úteis dos não úteis, são delineadas através de uma linha que passa no centro das paredes do desenho. Isto significa que sendo possível descartar a espessura destas, ao seguir o modelo 2D do mesmo, parte da espessura da parede vai ser considerada na área de um dos espaços interiores e a restante na área do outro espaço. Para isto, utilizou-se o comando “*Draw partitions*” e, posteriormente, designou-se cada espaço.

De salientar, que foram utilizadas as regras de simplificação do levantamento dimensional expostos na tabela 18 do manual SCE, que diz que para a área da parede podem ser ignoradas as áreas relativas a saliências ou reentrâncias com profundidade inferior a 100 cm.

A caracterização de cada um destes elementos é possível através da introdução dos materiais que a constituem e das suas respetivas propriedades: condutividade térmica (W/m.k) e massa volúmica (kg/m³). Depois, define-se qual a espessura que o elemento terá na realidade e, de acordo com o tipo de elemento, o programa assume as respetivas resistências superficiais e calcula o U (W/m².°C).

Após a finalização da envolvente opaca, passou-se à modelação dos envidraçados, que é possível ao selecionar a parede correspondente e a carregar no comando “*Draw window*”. A sua caracterização dá-se através da introdução do gvi, do U (W/m².°C) e das seguintes propriedades das proteções solares: espessura (m), condutividade (W/m.k) e fator solar.

Por fim, é possível modelar as palas pensadas pelos projetistas para que se faça notar a influência destas no conforto térmico e no consumo final do edifício.

A Figura 24 apresenta a modelação 3D do edifício Garland Valadares.

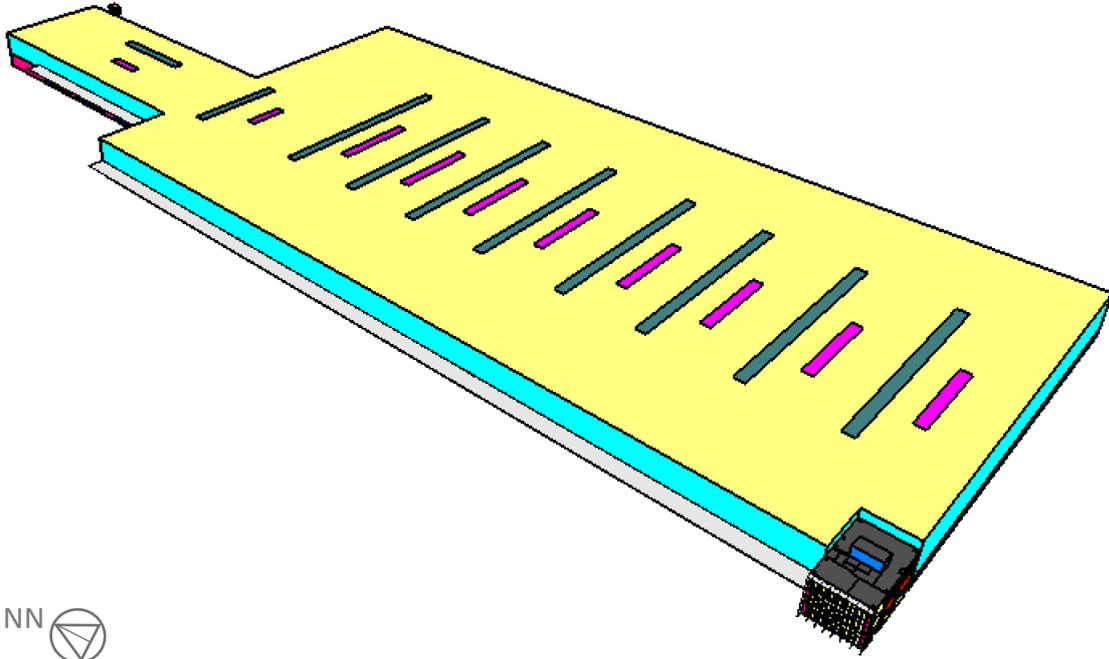


Figura 24 - Modelação computacional da Garland Valadares no programa *DesignBuilder*

Na Figura 25 pode-se verificar a zona administrativa dividida em quatro blocos e pela cobertura consegue-se ter uma ideia de como foram seccionados os espaços do piso 2. Os blocos principais que constituem esta zona têm uma altura total de 10,80m, em que os dois primeiros apresentam um pé-direito de 3,5m e o outro de 3,8m. Por fim, o bloco que representa o acesso à cobertura, onde se encontram grande parte das unidades exteriores de climatização e ventilação, tem um pé-direito de 2,7m.

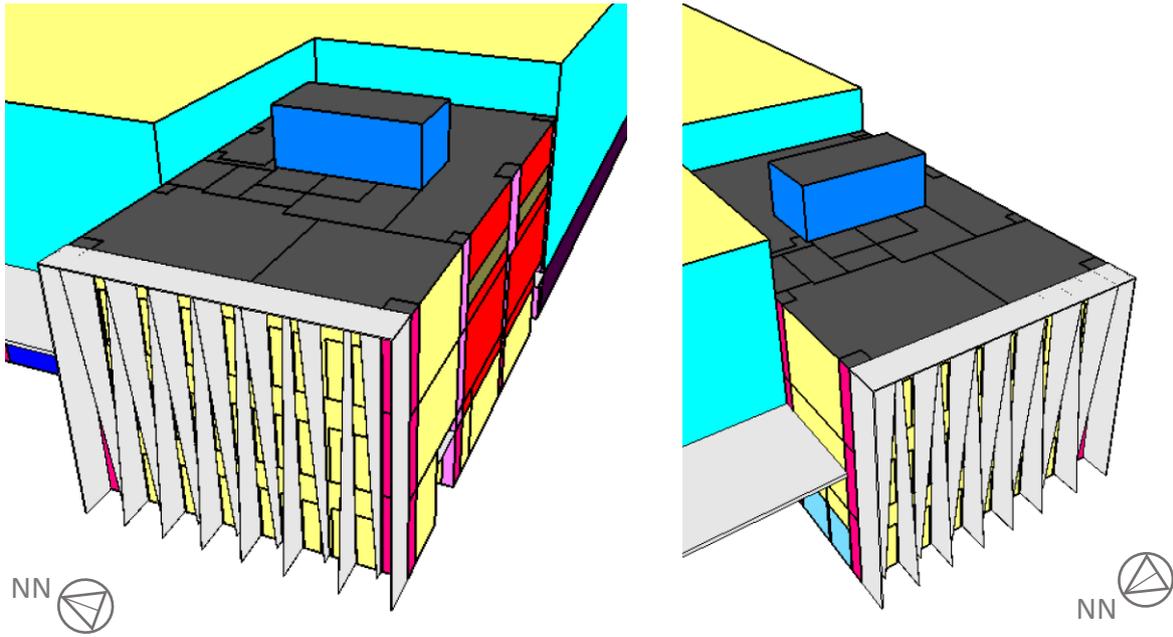


Figura 25 - Vistas aproximadas da modelação 3D da zona administrativa (a) Vista da fachada a sudoeste e (b) Vista da fachada a noroeste

Na Figura 26, é apresentada a portaria, onde se pode observar as diferentes cores que representam as diferentes envolventes opaca e envidraçada. O mesmo se pode observar nas figuras supracitadas.

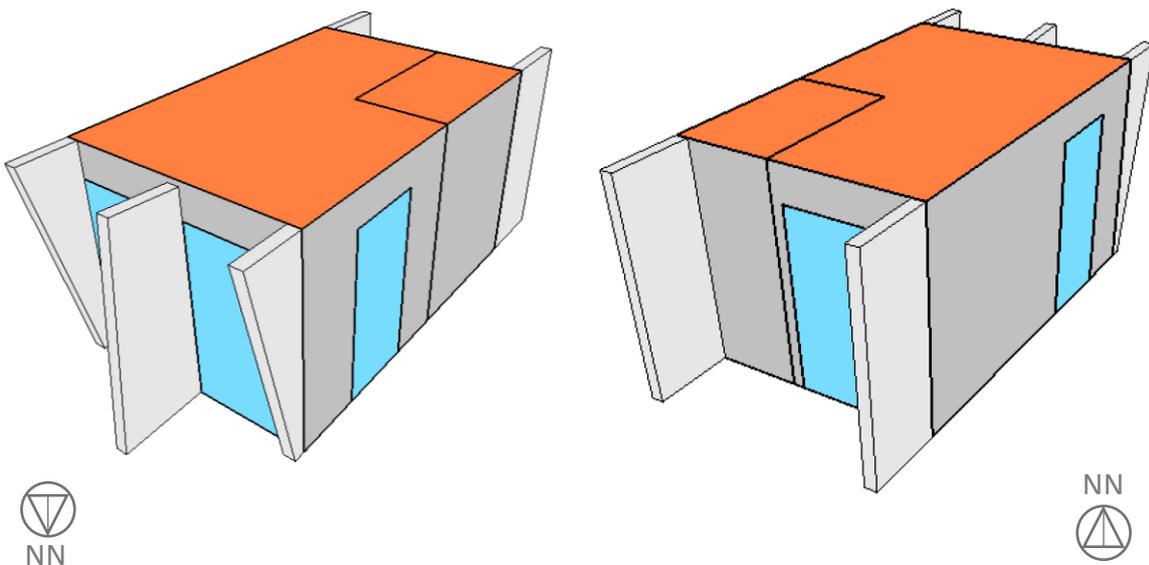


Figura 26 - Vistas aproximadas da modelação 3D da portaria (a) vista das fachadas a norte e b) vista das fachadas a sul

5.2. FICHEIRO CLIMÁTICO

No *software DesignBuilder*, como muitos outros programas, os dados climáticos são obtidos através de um ficheiro do tipo *EPW (EnergyPlus Weather Data File)*. A DGEG disponibiliza o “SCE.Clima_V1.0” executado em Microsoft Excel, que permite obter os ficheiros climáticos de referência do SCE adaptados à altitude em que se encontra o edifício. Este encontra-se disponível no site eletrónico da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG).

O ficheiro climático possui todas as informações relevantes, tais como a temperatura de bolbo seco, a radiação solar, a velocidade do vento e sua direção, a humidade, entre outras. Todas estes dados baseiam-se nos dados climáticos dos últimos 30 anos.

Na Figura 27, é possível observar-se um “*print*” do software utilizado. Neste, são introduzidos o município em que o edifício se insere e a altitude, e obtém-se os respetivos dados climáticos.

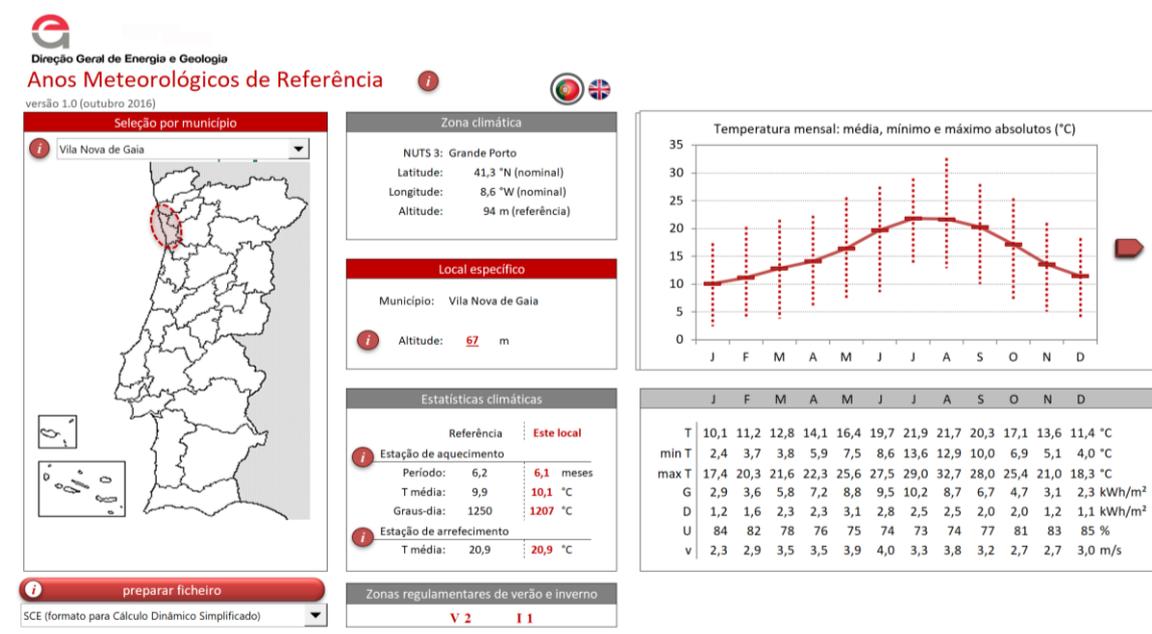


Figura 27 – Aspeto da folha de cálculo "SCE_Clima_V1.0"

5.3. PERFIS DE FUNCIONAMENTO

Após um estudo de mercado deste tipo de indústria, considerou-se que o edifício estará em funcionamento de segunda à sexta, das 8:00 h às 2:00h da manhã, ou seja, 18h de utilização por dia. Estes são definidos no campo “*Schedule*” do respetivo separador.

Os perfis de utilização previstos para os diferentes espaços do edifício foram os seguintes:

5.3.1. PERFIL DE OCUPAÇÃO

➤ Generalidade do Edifício

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Feb	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Mar	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Apr	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
May	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Jun	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Jul	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Aug	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Sep	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Oct	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Nov	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off
Dec	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Escritórios_Oc...	Off	Off

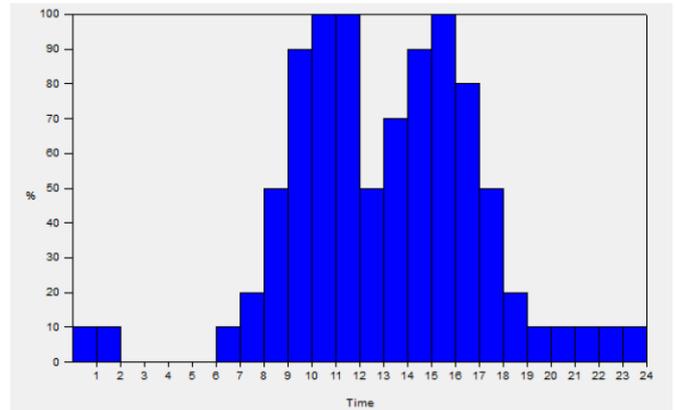


Figura 28 - Layout do DesignBuilder: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação para a generalidade da zona administrativa

➤ Balneários

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Feb	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Mar	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Apr	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
May	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Jun	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Jul	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Aug	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Sep	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Oct	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Nov	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off
Dec	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	BALNEARIOS:OCU	Off	Off

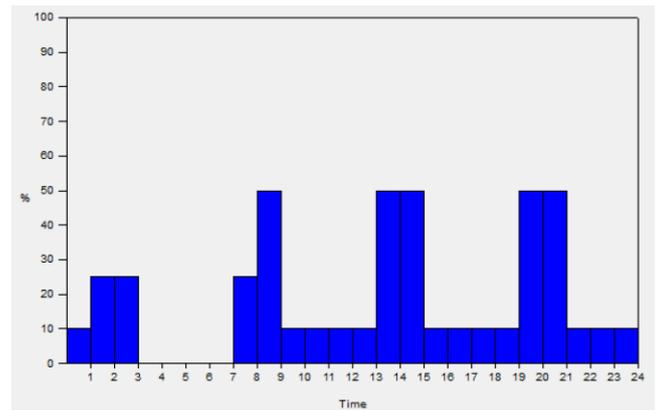


Figura 29 - Layout do DesignBuilder: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação dos balneários

➤ Cantina

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Feb	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Mar	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Apr	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
May	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Jun	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Jul	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Aug	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Sep	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Oct	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Nov	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off
Dec	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Cantina_semana	Off	Off

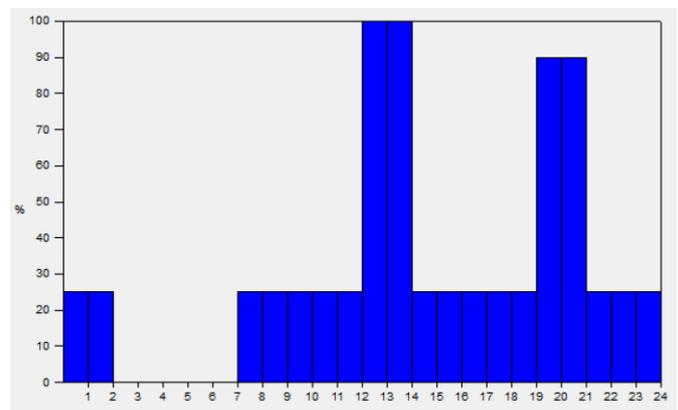


Figura 30 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de ocupação da cantina

5.3.2. PERFIL DE ILUMINAÇÃO

➤ Generalidade do Edifício

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Feb	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Mar	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Apr	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
May	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Jun	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Jul	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Aug	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Sep	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Oct	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Nov	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off
Dec	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	escritorios_ilu...	Off	Off

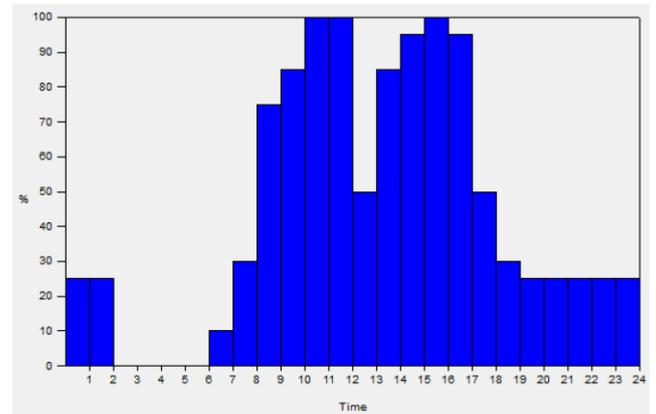


Figura 31 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação para a generalidade da zona administrativa

➤ Balneários

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Feb	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Mar	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Apr	BALNEARIOS I...	Off	Off				
May	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Jun	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Jul	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Aug	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Sep	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Oct	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Nov	BALNEARIOS I...	Off	Off				
Dec	BALNEARIOS I...	Off	Off				

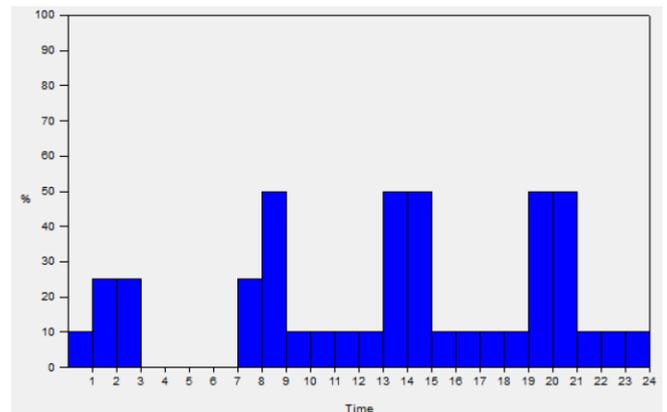


Figura 32 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação dos balneários

➤ Cantina

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Feb	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Mar	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Apr	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
May	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Jun	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Jul	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Aug	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Sep	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Oct	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Nov	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off
Dec	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Cantina_ilumin...	Off	Off

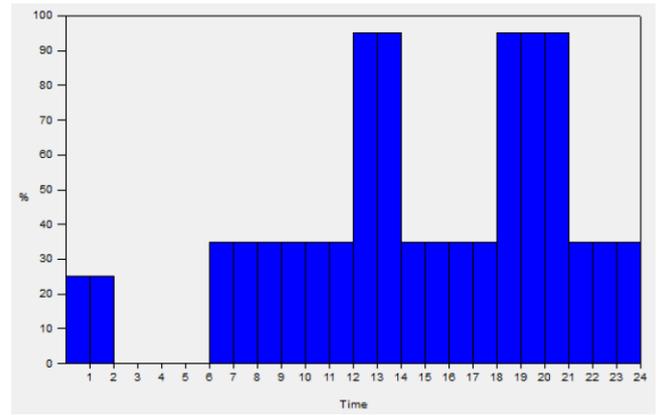


Figura 33 - Layout do DesignBuilder: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação da cantina

➤ Armazém

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Feb	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Mar	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Apr	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
May	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Jun	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Jul	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Aug	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Sep	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Oct	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Nov	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off
Dec	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Armazens_Se...	Off	Off

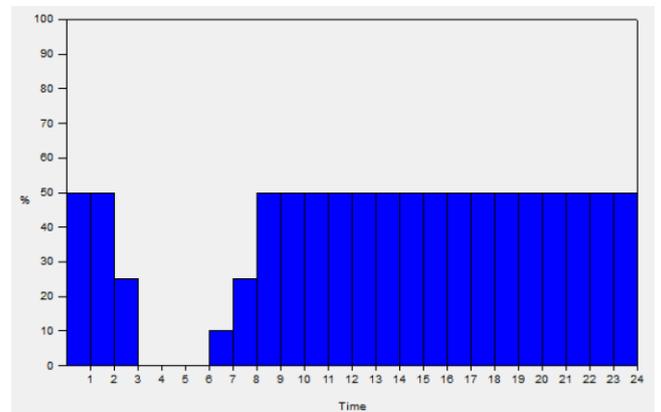


Figura 34 - Layout do DesignBuilder: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de iluminação do armazém

5.3.3. PERFIL DE EQUIPAMENTOS

➤ Escritórios - geral

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Feb	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Mar	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Apr	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
May	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Jun	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Jul	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Aug	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Sep	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Oct	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Nov	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds
Dec	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	Escritórios_Equip_Semana	RSECE_Escritórios_Equip_Fds	RSECE_Escritórios_Equip_Fds

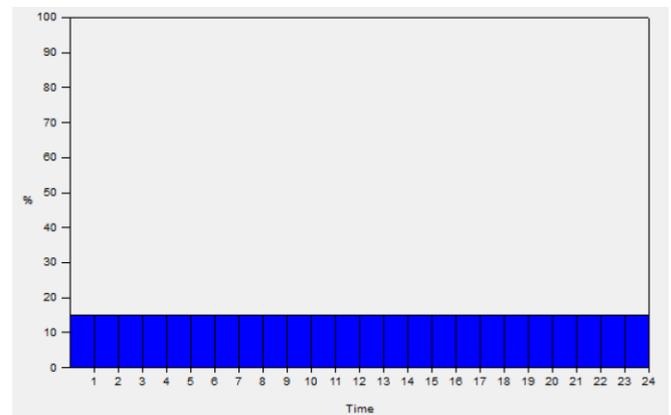
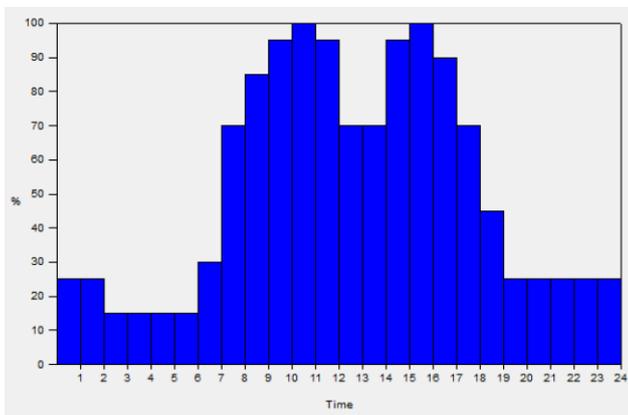


Figura 35 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano, (b) Perfil de equipamentos para a generalidade da zona administrativa durante a semana e (c) Perfil de equipamentos para a generalidade da zona administrativa durante o fim de semana

➤ Cantina

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Feb	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Mar	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Apr	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
May	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Jun	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Jul	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Aug	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Sep	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Oct	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Nov	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off
Dec	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Cantina_Equip...	Off	Off

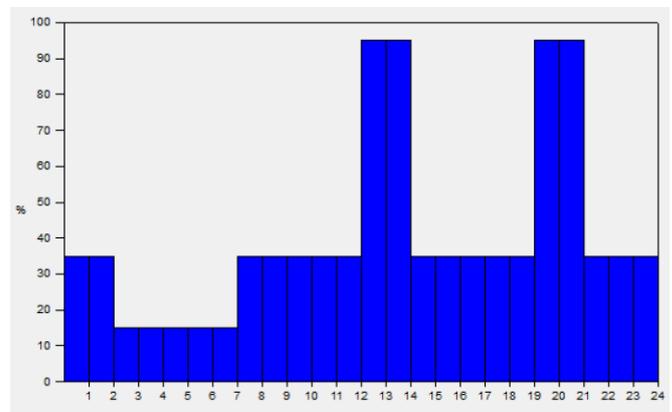


Figura 36 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de equipamentos da cantina

5.3.4. PERFIL DE CLIMATIZAÇÃO

Profiles	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Feb	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Mar	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Apr	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
May	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Jun	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Jul	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Aug	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Sep	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Oct	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Nov	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off
Dec	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	HVAC_Escritori...	Off	Off

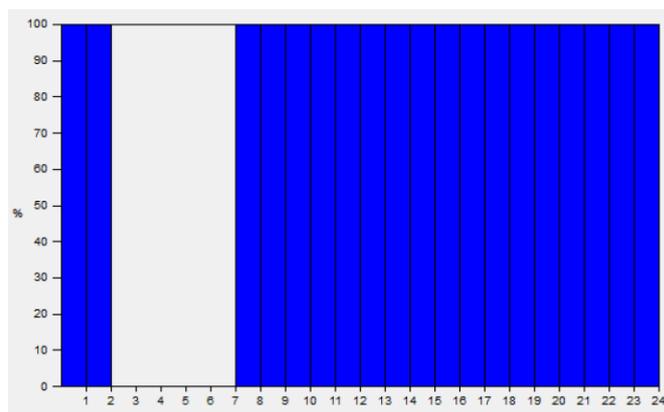


Figura 37 - Layout do DesignBuilder: (a) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano e (b) Perfil de Climatização para a generalidade do edifício

5.3.5. PERFIL DE VESTUÁRIO

Como se verificou no sub-subcapítulo 2.2.2 existem dois fatores intrínsecos ao ser humano que influenciam os parâmetros de avaliação do conforto térmico (PMV e PPD), que são o vestuário e a sua taxa metabólica. Em função da atividade leve realizada em edifícios de escritórios, considerou-se uma taxa metabólica de 123 W/ocupante, isto é, o valor da Figura 38. **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** a multiplicar por uma área corporal média, de 1,75 m².

No que diz respeito ao vestuário dos ocupantes, considerou-se o perfil da Figura 38. Os valores utilizados neste perfil estão de acordo com a Tabela 6 e a sua unidade é clo (unidade empregue para exprimir o isolamento térmico fornecido pelo conjunto de vestuário utilizado pelo ocupante, em que 1 clo = 0,155 m²°C/W).



Figura 38 - Layout do *DesignBuilder*: (a) Atribuição do perfil de vestuário aos dias da semana e meses do ano para a generalidade do edifício

No perfil do vestuário, definiu-se o valor de isolamento térmico de 1,01 clo para a estação de inverno (desde o início do ano até ao dia 20 de março e de 21 até 31 de dezembro). Este valor corresponde ao conjunto de *t-shirt*, camisola de manga cumprida, *sweater* e calças. Para a estação da primavera, que se dá desde o dia 21 de março até 20 de junho, considerou-se o uso de calças com uma camisola de manga cumprida, isto é, um isolamento térmico de 0,61 clo. No que diz respeito ao verão, que vai de 21 de junho a 22 de setembro, escolheu-se o isolamento térmico mais baixo, de 0,57 clo, que indica o uso de calças e t-shirt. Por fim, os restantes dias correspondem ao outono e optou-se por um isolamento térmico de 0,96 clo, resultante do uso de calças, t-shirt e um casaco.

5.4. DADOS DE ENTRADA PARA A SIMULAÇÃO ANO +50

Para a simulação dos próximos 50 anos, recorreu-se ao portal do clima para prever as temperaturas até esse período [65]. Seguidamente, calculou-se a média das amplitudes dadas pelas diferenças de temperatura de ano para ano, obtendo um valor de 1,82 °C.

Utilizando a simulação real do edifício e, através da sequência de comandos: *Tools – Weather Data Analysis – Modify – Modify Climate*, fixa-se o valor obtido, garantindo que os resultados estão de acordo com as alterações climáticas previstas.

5.5. DADOS DE ENTRADA PARA A SIMULAÇÃO DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Para a simulação do edifício de referência recorreu-se ao Manual SCE, pelo que, foram realizadas as alterações demonstradas na Tabela 32.

Tabela 32 - Dados introduzidos no programa para a simulação do edifício de referência

Elemento	Condições a respeitar	Valor	
Envoltente Do Edifício	➤ Alteração dos coeficientes de transmissão térmica existentes pelos coeficientes de referência (U_{ref});	I1	
		U_{ref} el. opacas verticais	0,70 [W/(m ² .°C)]
		U_{ref} el. opacas horizontais	0,50 [W/(m ² .°C)]
		U_{ref} el. envidraçados	4,30 [W/(m ² .°C)]
	➤ Absortância solar dos elementos exteriores da envoltente opaca (α_{sol});	$\alpha_{sol} = 0,4$	
	➤ Área de vão envidraçado/ Área fachada (neste caso a área é superior);	Modificação dos envidraçados para 30% da área da fachada	
	➤ Vão envidraçados horizontais;	Remover	
	➤ Alteração do fator solar dos envidraçados para o fator solar de referência (g_{ref});	V2	
		$g_{tot\ ref}$	0,20
	➤ Dispositivos de proteção solar;	Remover	
➤ Elementos de sombreamento;	Remover		
Ventilação	➤ Caudal de ar novo foi determinado pelo método prescritivo, tendo em conta uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8;		
	➤ Equipamentos de ventilação de extração e insuflação;	SFP	1250 [W/(m ³ .°C)]
Climatização, AQS e AQP		VRV	SCOP = 3,0 ESEER = 2,9

Elemento	Condições a respeitar	Valor	
	➤ Alteração das eficiências dos equipamentos previstos, pelas eficiências de referência;	Split	SCOP = 3,0 ESEER = 2,9
		Bomba de Calor	SCOP = 3,0 ESEER = 2,9
	➤ Sistemas de recuperação de calor;	Remover	
Iluminação	➤ Densidade de potência de iluminação;	Varia em função do valor de DPI _{100 lx,máx}	
	➤ Iluminância média requerida no espaço ($\bar{E}_{m req}$);	Iluminância do projeto	
	➤ Sistemas de controlo;	Remover	
Energias Renováveis	➤ Contributos renováveis previstos.	Remover	

5.6. DADOS DE ENTRADA PARA A SIMULAÇÃO DO EDIFÍCIO *BREEAM*

No caso do edifício *BREEAM*, efetuou-se o mesmo processo que no edifício de referência, contudo, as alterações foram realizadas consoante as regras expostas no esquema do Manual *BREEAM*. Na Tabela 33, pode -se observar todas as mudanças efetuadas no modelo previsto.

Tabela 33 - Dados introduzidos no programa para a simulação do edifício *BREEAM*;

Elemento	Condições a respeitar / Valor	Valor	
Envoltente do Edifício	➤ Alteração dos coeficientes de transmissão térmica existentes pelos coeficientes <i>BREEAM</i> :	U _{Coberturas}	0,15 [W/m ² K]
		U _{Paredes}	0,2 [W/m ² K]
		U _{Pavimentos}	0,2 [W/m ² K]
		U _{Envidraçados verticais}	1,2 [W/m ² K]

Elemento	Condições a respeitar / Valor	Valor	
		U _{Envidraçados horizontais}	2,2 [W/m ² K]
	➤ Infiltração de ar pela envolvente (Neste caso o edifício tem A<10000 m ²)	2 m ³ /h	
	➤ Alteração do fator solar dos envidraçados para o fator solar BREEAM;	g _{tot} _{envidraçados}	0,67
		g _{tot} _{claraboia}	0,6
	➤ Transmissão de Luz;	Envidraçados	0,71
Claraboias		0,7	
Ventilação	➤ Equipamentos de ventilação com recuperação de calor;	75% de recuperação	
Climatização, AQS e AQP	➤ Modificação das eficiências de climatização e das águas quentes sanitárias;	Fonte: Eletricidade	COP: 4,5 EER: 3,5
Iluminação	➤ Luminância média requerida;	65 lux p/espço	

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, vão ser abordados os resultados obtidos nas diversas simulações realizadas. Os resultados apresentam variáveis que permitem uma avaliação pormenorizada do caso de estudo.

6.1. CÁLCULO DOS INDICADORES BREEAM

Das simulações realizadas ao edifício real no ano 0 e até daqui a 50 anos (estudo do edifício para possíveis alterações climáticas) obtiveram-se vários resultados, entre as quais, os índices de *Fanger*, que permitiram realizar o estudo relacionado com o indicador Hea 04 - conforto térmico.

Relativamente ao indicador Ene 01, vão ser discutidos os valores adquiridos para cada uma das variáveis necessários para o cálculo do desempenho, referentes às simulações térmicas do edifício real, do edifício referência e do edifício BREEAM. Posteriormente, procedeu-se ao cálculo do desempenho energético para novas construções internacionais.

6.1.1. ANÁLISE DO INDICADOR HEA 04 – CONFORTO TÉRMICO

➤ Crédito 1

Através do indicador Hea 04, que avalia o conforto térmico, é possível alcançar três créditos. Para que se possa garantir os últimos dois créditos, é obrigatório cumprir o primeiro crédito, o qual se baseia na modelação térmica do edifício. Para alcançar o crédito 1, os índices de *Fanger* obtidos devem estar inseridos no intervalo de valores categoria B da Tabela 5, retirada do anexo A da norma ISO 7730:2005. Assim, através da simulação energética do edifício, foram obtidos os resultados de conforto térmico apresentados na Tabela 34 e a Tabela 35.

Tabela 34 - Índice PMV da modelação térmica inicial, por espaço. Objetivo: -0,5 a 0,5

PMV	Gabinete Médico P0	Sala de Reuniões P0	Motoristas P0	Open Space P0	Gabinete P0	Garland P1
Média Anual	0,24	0,34	0,22	0,28	0,32	0,37

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Inverno	-0,02	0,19	-0,05	0,05	0,14	0,28
Outono	0,33	0,39	0,25	0,30	0,38	0,43
Primavera	0,18	0,31	0,21	0,21	0,32	0,30
Verão	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
PMV	Administração P1	Cantina P2	Espaço Lazer P2	Decathlon P2	Portaria	
Média Anual	0,22	0,34	0,21	0,20	0,00	
Inverno	-0,09	0,17	-0,11	-0,12	-0,40	
Outono	0,29	0,40	0,25	0,21	-0,03	
Primavera	0,22	0,33	0,23	0,23	-0,04	
Verão	0,45	0,46	0,45	0,45	0,44	

Tabela 35 - Índice PPD da modelação térmica inicial, por espaço. Objetivo: < 10%

PPD (%)	Gabinete Médico P0	Sala de Reuniões P0	Motoristas P0	Open Space P0	Gabinete P0	Garland P1
Média Anual	7,74	8,27	7,81	8,04	8,23	8,52
Inverno	6,16	7,06	6,40	6,60	6,68	7,45
Outono	8,03	8,57	7,60	7,94	8,53	8,94
Primavera	7,37	8,09	7,78	8,20	8,29	8,27
Verão	9,25	9,23	9,26	9,23	9,25	9,32
PPD (%)	Administração P1	Cantina P2	Espaço Lazer P2	Decathlon P2	Portaria	
Média Anual	7,79	8,35	7,84	7,82	8,78	
Inverno	6,25	6,84	6,43	6,55	9,08	
Outono	7,76	8,70	7,63	7,43	8,24	
Primavera	7,71	8,35	7,86	7,89	8,75	
Verão	9,25	9,36	9,24	9,22	9,05	

Nas tabelas anteriores estão presentes os índices de *Fanger* para os espaços com ocupação permanente e sujeitos a climatização. Nos valores apresentados por espaço, a satisfação térmica varia entre [-0,5 e 0,5] e, a insatisfação térmica entre [0 e 10%], pois estes são médias, isto é, a média anual e por cada estação do ano. Na Tabela 36 e na Tabela 37 pode-se observar uma média dos valores obtidos de PMV e PPD para a totalidade do edifício. De referir, que tanto para os resultados individuais como para os globais, pode-se verificar os valores dos índices, por estação do ano.

Tabela 36 - Índice PMV da modelação térmica inicial global

PMV	Edifício
Média Anual	0,24
Inverno	-0,01
Outono	0,31
Primavera	0,24
Verão	0,45

Tabela 37 - Índice PPD da modelação térmica inicial global

PPD (%)	Edifício
Média Anual	7,97
Inverno	6,49
Outono	8,08
Primavera	7,92
Verão	9,22

No gráfico da Figura 39 percebe-se que, ao longo do ano, grande parte dos espaços enquadram-se nesse intervalo, apesar que, na estação de arrefecimento existem picos a passarem este intervalo. No entanto, são tão poucos que não provocam grande diferença nos valores considerados como valores ótimos de satisfação.

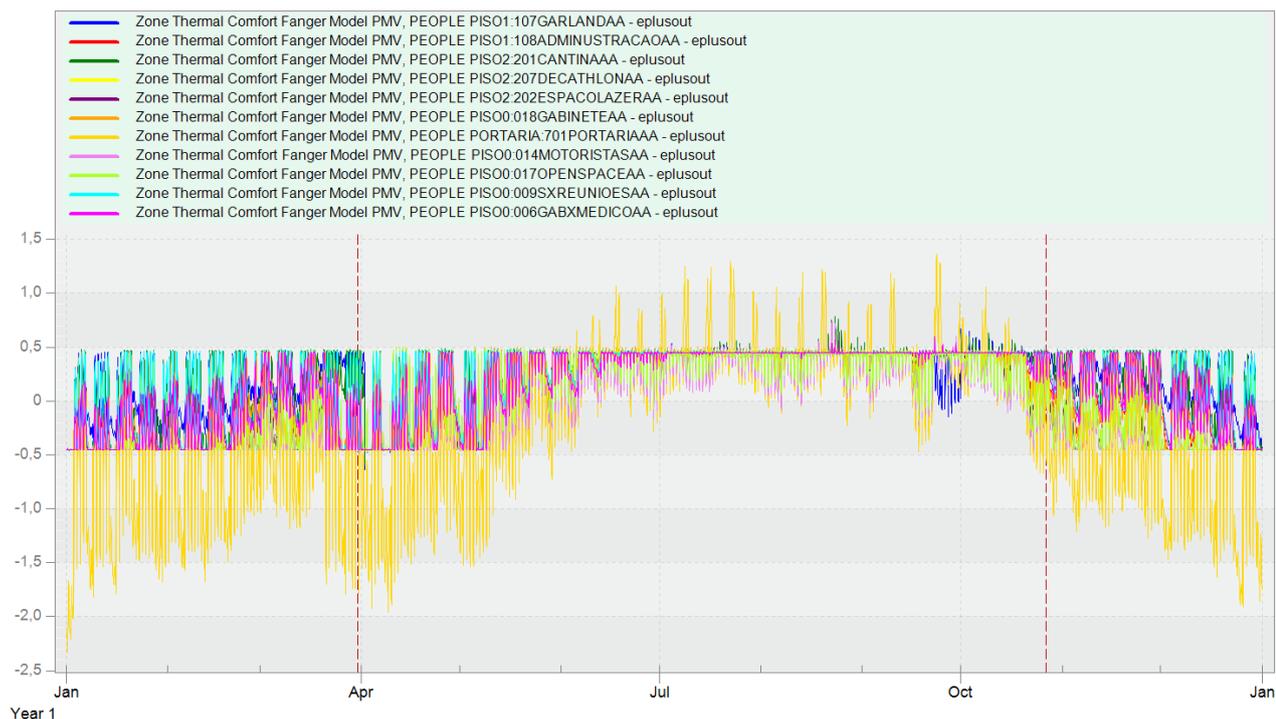


Figura 39 - Resultados do PMV do ano 0 (*EnergyPlus*)

Excepcionalmente, o espaço “701 Portaria” já apresenta uma maior amplitude do índice PMV e, apesar da média dar valores considerados como bons, existem alguns meses em que o conforto térmico poderia ser melhorado. Na estação de aquecimento verifica-se que existem picos que quase atingem o valor correspondente a uma sensação térmica de “muito frio” e na estação de arrefecimento as sensações variam entre o “Ligeiramente quente” e o “quente”. Contudo, este espaço não foi suficiente para que o edifício em si não apresentasse resultados ótimos de 0,24, pelo que, os valores obtidos, enquadram o nosso edifício na categoria B da Tabela 5, que era o objetivo.

O próximo passo passou por avaliar o índice PPD correspondente ao ano 0 da Garland Valadares Figura 40. Tal como nos dados obtidos para o índice de satisfação, os de insatisfação mostram estar dentro dos valores esperados em quase todos os espaços, à exceção da portaria. Estes valores eram esperados, pois os índices de *Fanger* complementam-se, isto é, para os valores de PMV apresentados no gráfico da figura anterior, os valores de PPD devem variar no inverno entre os 26,1% e os 99,1% e, para o verão, entre os 5% e os 76,8%.

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

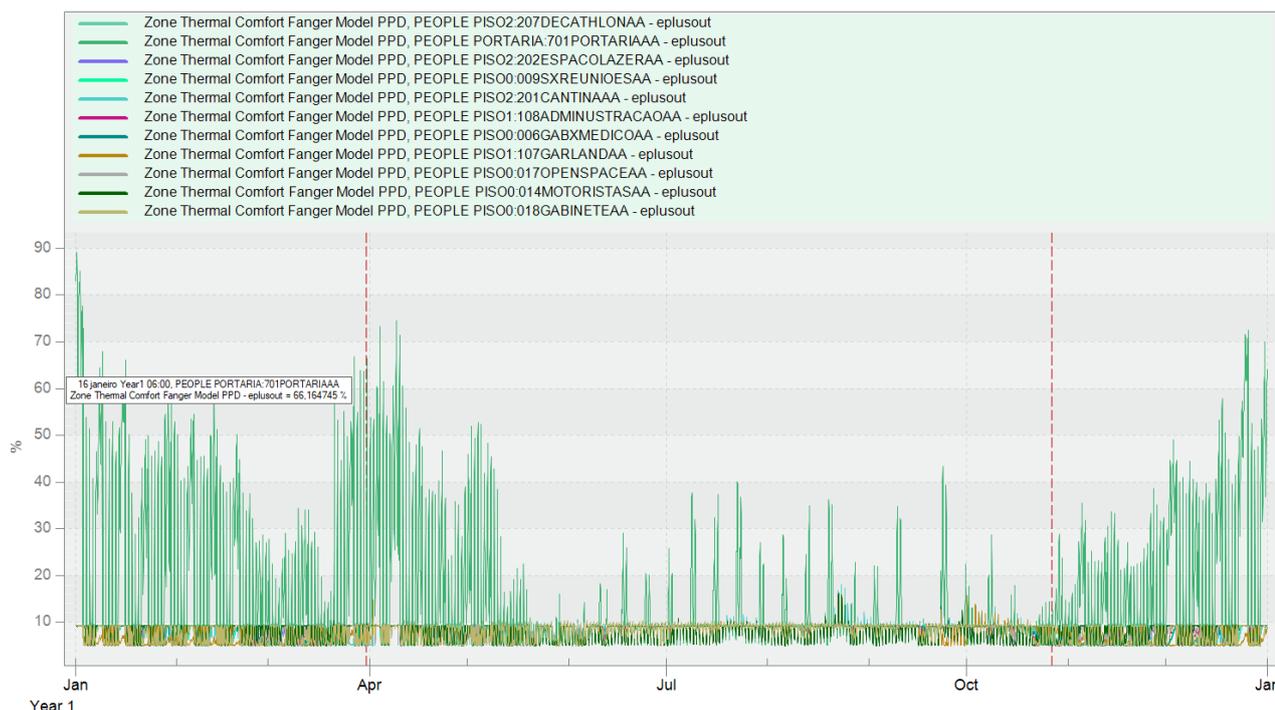


Figura 40 - Resultados do PPD do ano 0 (EnergyPlus)

➤ **Crédito 2**

No que diz respeito ao critério 2, do indicador Hea 04, é necessário modelar termicamente o edifício para um cenário projetado de alterações climáticas para daqui a 50 anos. Por conseguinte, o ficheiro climático a utilizar deve estar adaptado a um aumento médio de temperatura verificado para o período de 2071-2100, de acordo com o portal do clima.

Assim, para este cenário, o valor a acrescentar na temperatura média para a simulação é de 1,82 °C, de forma a atingir os resultados individuais presentes na Tabela 38 e Tabela 39, e os resultados globais apresentados na Tabela 40 e Tabela 41.

Tabela 38 - Índice PMV da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos, por espaço

PMV	Gabinete Médico P0	Sala de Reuniões P0	Motoristas P0	Open Space P0	Gabinete P0	Garland P1
Média Anual	0,34	0,39	0,31	0,35	0,39	0,41
Inverno	0,16	0,30	0,11	0,19	0,30	0,36
Outono	0,41	0,43	0,34	0,38	0,43	0,45
Primavera	0,31	0,38	0,31	0,36	0,39	0,37
Verão	0,45	0,45	0,46	0,45	0,45	0,47

PMV	Administração P1	Cantina P2	Espaço Lazer P2	Decathlon P2	Portaria
Média Anual	0,32	0,40	0,31	0,28	0,09
Inverno	0,10	0,29	0,07	0,02	-0,32
Outono	0,39	0,44	0,36	0,31	0,08
Primavera	0,34	0,40	0,33	0,31	0,09
Verão	0,45	0,47	0,45	0,45	0,45

Tabela 39 - Índice PPD da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos, por espaço

PPD (%)	Gabinete Médico P0	Sala de Reuniões P0	Motoristas P0	Open Space P0	Gabinete P0	Garland P1
Média Anual	8,21	8,67	8,19	8,38	8,75	9,00
Inverno	6,64	7,78	6,65	7,11	7,85	8,28
Outono	8,70	8,95	8,20	8,46	8,96	9,38
Primavera	7,99	8,60	8,19	8,54	8,83	8,66
Verão	9,33	9,25	9,53	9,27	9,26	9,59

PPD (%)	Administração P1	Cantina P2	Espaço Lazer P2	Decathlon P2	Portaria
Média Anual	8,15	8,88	8,12	7,99	8,53
Inverno	6,38	7,74	6,41	6,43	8,43
Outono	8,50	9,15	8,31	7,89	7,99
Primavera	8,24	8,86	8,32	8,21	8,42
Verão	9,30	9,65	9,27	9,23	9,22

Tabela 40 - Índice PMV da modelação com alterações climáticas para daqui a 50 anos

PMV	Edifício
Média Anual	0,33
Inverno	0,14
Outono	0,36
Primavera	0,33
Verão	0,46

Tabela 41 - Índice PPD da modelação com alterações climáticas

PPD (%)	Edifício
Média Anual	8,44
Inverno	7,25
Outono	8,59
Primavera	8,44
Verão	9,36

Como se percebe pela

Tabela 38 e Tabela 39, os resultados foram muito aproximados aos da simulação do ano 0. Mesmo os gráficos obtidos através do *Energyplus* apresentam uma grande semelhança aos supracitados, sendo que, o único espaço que apresenta resultados menos favoráveis continua a ser o “701 Portaria”. Assim, os resultados obtidos para as possíveis alterações climáticas continuam a assegurar que o edifício se enquadra na categoria B (PMV=0,33 e PPD=8,44%) logo, os critérios correspondentes ao crédito dois foram cumpridos.

➤ Crédito 3

Por fim, o crédito 3 pode ser obtido através do zonamento térmico dos espaços e do tipo de controlo adotado para a climatização, sendo que estes dependem um do outro, visto que, o zonamento térmico baseia-se na distribuição e controlo da temperatura.

Na simulação dinâmica realizada, o edifício foi dividido em diferentes zonas de acordo com os sistemas existentes. Foram criados um total de 5 zonas térmicas. A primeira zona térmica é constituída por todos os espaços que não possuem sistemas de climatização, nem sistemas de ventilação, com exceção dos espaços interiores não úteis, e designa-se de “ZT01:SC”. Um outro sistema é o “ZT04: UTAN”, que junta todos os espaços que não são climatizados, mas são ventilados. O terceiro sistema é chamado “ZT06: VRV + UTAN”, que tal como o nome indica, os espaços que a constituem apresentam o sistema de climatização VRV e todos estes se encontram ligados à mesma unidade exterior. Além de possuírem este sistema também apresentam sistema de ventilação para a insuflação e extração do ar dos espaços. Por fim, ainda existem mais duas zonas térmicas, a “ZT05: SPP” e “ZT27: Data center” e ambas apresentam um sistema de climatização do tipo Split. A primeira é constituída apenas pelo espaço “701 Portaria” e o segundo pelo “801 UPS Decathlon P3”. Estes encontram-se em zonas térmicas diferentes dos restantes espaços climatizados, pois apresentam características que as distinguem dos restantes e por isso necessitavam de uma zona térmica específica a cada um destes espaços.

O *software* utilizado analisa o desempenho energético do edifício como um todo, pois permite várias interações entre os espaços de diferentes zonas térmicas, tal como, permite variações de temperaturas em função da parametrização de funcionamento.

Para os sistemas de climatização e ventilação adotaram-se algumas estratégias, entre as quais se verifica a adoção de uma unidade de climatização do tipo VRV com recuperação de calor, que garantem o aquecimento e arrefecimento de diferentes espaços, em simultâneo. Esta é uma característica necessária em edifícios que apresentam espaços direcionados tanto para o quadrante norte como o quadrante a sul, que é o caso da Garland. Todas as unidades de climatização interiores vão estar ligadas a um sistema central designado de sistema de “Gestão Técnica Centralizada”, contudo cada espaço apresentará um controlo remoto por cabo, que permite o controlo humano do equipamento.

Para espaços úteis com ocupação não permanente serão instalados sensores de QAI (qualidade de ar interior) que possibilitam a medição da concentração de CO₂ no seu interior e, que, posteriormente, permitem variar o caudal de ar novo insuflado/extraído, modelando a abertura/fecho dos registos VAV (volume de ar variável).

Assim, foram verificados a obtenção dos três créditos do indicador de conforto térmico.

6.1.2. ANÁLISE DO INDICADOR ENE 01 – REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂

Após a realização de todas as simulações necessárias para o cálculo do indicador Ene 01, obteve-se os *outputs* da Tabela 42. É importante destacar que, segundo o manual BREEAM, no cálculo do consumo de energia primária do edifício previsto, deve-se subtrair ao consumo de energia primária resultante da simulação, a energia solar fotovoltaica prevista a ser instalada.

Tabela 42 - Parâmetros de avaliação do indicador da redução de consumo de energia e emissões de CO₂

	Edifício Referência	Edifício Atual	Edifício BREEAM
Necessidades de Energia Térmica (MJ/m ²)	15,6	23,2	18,3
Consumo de Energia Primária (kWh/m ²)	48,8	12,4	25,1
Emissões de CO ₂ (kgCO ₂ /m ²)	7,0	1,8	3,6

Pela tabela supracitada entende-se que o consumo de energia primária é inferior no edifício atual, relativamente ao edifício BREEAM e ao de referência. O mesmo não se verifica nos valores das necessidades térmicas, em que este valor é superior. Com o intuito de comparar estes dois parâmetros, converteu-se as necessidades de MJ/m² para kWh/m² dividindo o valor por 3,6. Assim, os valores são 4,3 kWh/m², 6,4 kWh/m² e 5,1 kWh/m², respetivamente.

No edifício de referência, as necessidades térmicas correspondem a uma fração inferior a 10% (8,8%) do consumo total de energia, enquanto o consumo no edifício atual (51,6%) e no BREEAM (20,3%) é direcionado numa grande percentagem para o aquecimento e arrefecimento ambiente.

Os valores das emissões de CO₂ variam proporcionalmente com o consumo de energia primária. Assim, estes foram calculados multiplicando o consumo de energia primária por 0,144, que, por sua vez, representa o fator de conversão de energia primária do tipo eletricidade, em emissões de CO₂.

No que diz respeito ao ‘*Policy decision*’, para os edifícios de comércio e serviço novos, em Portugal, apenas existem requisitos para o parâmetro da energia primária. Este valor encontra-se definido no Despacho nº 6476-E/2021, na tabela 3 do respetivo documento, e

está definido como requisito legal para o valor máximo para a energia primária total, R_{IEE} , isto é, o valor máximo que pode ser obtido através do rácio entre o consumo final do edifício real/previsto com o edifício referência, que tem o valor de 0,75.

De acordo com a Tabela 9, o desempenho de cada parâmetro (y) varia entre 0 e 1. Quanto menor o valor de " y ", menos créditos são possíveis alcançar para este indicador e, conseqüentemente, pior será a classificação BREEAM atingida. Para que este valor se aproxime de 1, é necessário que o segundo membro do lado direito da equação anterior ($x^{\log(1-'policy\ decision')/\log(n)}$) seja o mais perto de zero possível e, para isso, " x " deve variar entre 0 e 1, e n pode assumir qualquer valor.

Por norma, no final, para o cálculo do EPR_{INC} , faz-se uma média dos valores de desempenho obtidos para cada parâmetro. Contudo, devida à falta de informação na legislação portuguesa relativa aos restantes parâmetros, o EPR_{INC} vai ser igual ao desempenho do parâmetro da energia primária.

O primeiro passo consiste em calcular o expoente da variável " x ", sendo que o valor fixo para a '*policy decision*' do parâmetro da energia primária é 0,75. De seguida, para calcular as melhorias das melhores práticas BREEAM, ou seja, o tradutor de desempenho, recorre-se à seguinte equação:

$$n = \frac{\text{Consumo de Energia Primária}_{ed.BREEAM}}{\text{Consumo de Energia Primária}_{ed.Referência}} \quad (9)$$

Substituindo as variáveis da equação supracitada pelos valores presentes na Tabela 42, " n " é igual a 0,51, ou seja, o edifício BREEAM consome 51% de energia primária do edifício de referência. Para os valores aqui presentes para a "*policy decision*" e para o tradutor de desempenho o expoente da variável " x " tem um valor de 2,06 ($x^{\log(1-0,75)/\log(0,51)} = x^{2,06}$).

A segunda etapa consiste no cálculo da relação de desempenho que se dá através do rácio entre o valor do edifício real com o do edifício referência, isto é:

$$x = \frac{\text{Consumo de Energia Primária}_{ed.Real}}{\text{Consumo de Energia Primária}_{ed.Referência}} \quad (10)$$

Considerando os valores de cada uma das variáveis, obtém-se a variável “x” igual a 0,25, isto é, um consumo de 25% do edifício real em comparação com o edifício de referência. Assim, aplicando todos estes dados na equação 8, o desempenho do parâmetro da energia primária é igual a 0,94, logo EPR_{INC} é de 0,94 e o número de créditos alcançados são 15 em 15 créditos possíveis, de acordo com a escala de referência apresentada na Tabela 9.

6.2. ESTUDO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO SCE

Para uma melhor compreensão dos resultados alcançados, procedeu-se a uma análise comparativa com a certificação SCE (Sistema de Certificação Energética), isto é, um padrão de avaliação energética utilizado em Portugal. Entre todos os parâmetros considerados em ambos os indicadores, salienta-se o consumo de energia primária, pois este é o único parâmetro avaliado na certificação nacional para edifícios de comércio e serviço.

A avaliação do consumo de energia primária ou desempenho energético do edifício culmina com o cálculo da classe energética do edifício. Como se confirma na Tabela 43, a classe energética é determinada pelo valor obtido do rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviço (R_{IEE}) [66].

Tabela 43 - Classificação SCE de acordo com o rácio de edifícios de comércio e serviço obtido [66].

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

O rácio referido dá-se pela razão entre o consumo final de energia primária no edifício previsto/atual e o consumo final de energia primária no edifício de referência, conforme a equação 11.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (11)$$

Em que:

$IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)]

$IEE_{pr,ren}$ - Indicador de eficiência energética previsto renovável [kWh_{EP}/(m².ano)]

$IEE_{ref,S}$ - Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [kWh_{EP}/(m².ano)]

Os consumos energéticos dos edifícios podem ser divididos em dois tipos, os consumos de energia primária regulados e os consumos de energia primária não regulados, que são designados de tipo S e tipo T, respetivamente. Na equação supracitada, os indicadores de eficiência energética referem-se apenas aos consumos do tipo S.

Os consumos de energia primária regulados são referentes aos gastos produzidos para suprimir as necessidades térmicas que garantem o conforto dos ocupantes. Designam-se de regulados, pois devem cumprir normas e regulamentos que visam garantir a eficiência energética do edifício, que é o caso do aquecimento e arrefecimento, da ventilação, das águas quentes sanitárias e da iluminação interior. Os restantes, como é o caso da iluminação exterior e de emergência, equipamentos, instalações de elevação, etc, são do tipo T e não se encontram diretamente regulamentados pelas normas de eficiência energética.

Na Tabela 44 pode-se observar os diferentes tipos de consumo para o edifício previsto e para o edifício de referência.

Tabela 44 – Resultados das simulações para os diferentes tipos de consumos e edifícios.

	Unidades	Edifício Referência	Edifício Atual
Consumo de Energia Primária do tipo S	(kWh/m ² .ano)	43,1	19,4
	kWh _{EP} /(m ² .ano)	107,8	48,5
Consumo de Energia Primária do tipo T	(kWh/m ² .ano)	5,7	
	kWh _{EP} /(m ² .ano)	14,2	
Produção de energia Primária	(kWh/m ² .ano)	--	12,7

	kWh _{EP} /(m ² .ano)	--	31,8
Consumo de Energia Primária	(kWh/m ² .ano)	48,8	12,4
	kWh _{EP} /(m ² .ano)	122	31

Da tabela anterior, retira-se que $IEE_{pr,S}$, $IEE_{ref,S}$ e $IEE_{pr,ren}$ correspondem a 48,5 kWh_{EP}/(m².ano), 107,8 kWh_{EP}/(m².ano) e 31,8 kWh_{EP}/(m².ano), respetivamente. É importante destacar que os valores aqui apresentados em kWh_{EP}/(m².ano) resultam da multiplicação dos valores em kWh/(m².ano) por 2,5, fator de conversão de energia útil elétrica para energia primária. Conclui-se que, ao aplicar estes dados na equação 11, o desempenho energético do edifício Garland, segundo a certificação SCE, é igual a 0,16, o que garante ao edifício uma classe energética de A+, de acordo com a escala apresentada na Tabela 43.

6.3. ANÁLISE DA VIABILIDADE DO EDIFÍCIO COMO NZEB

Por fim, analisou-se o caso de estudo com o intuito de perceber se o edifício da Garland Valadares apresenta as condições necessárias para ser considerado um edifício NZEB, isto é, um edifício com necessidades quase nulas de energia. Segundo a legislação portuguesa, especificamente o Despacho nº 6476-E/2021, um edifício deve cumprir os requisitos apresentados na Tabela 45 para poder ser designado de NZEB.

Tabela 45 - Requisitos a cumprir para um edifício NZEB [25].

Tipo de Requisito	Requisito NZEB	Resultados da Simulação	Check NZEB
Classe Energética	$\geq B$	A+	✓
Energia Primária Total	$R_{IEE} \leq 0,75$	0,25	✓ ✓
Energia Primária Renovável	$Ren_{C\&S} \geq 0,50$	_____	_____
Energia Primária Fóssil	$IEE_{fóssil,S} \leq 0,75 \times IEE_{ref,S}$	$16,8 \leq 80,8$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	✓

Através da tabela anterior, entende-se que é necessário cumprir quatro tipos de requisitos diferentes, o da classe energética, o da energia primária total, o da energia primária renovável e o da energia primária fóssil. O primeiro e o segundo requisito indicam que a classe energética

do edifício deve ser igual ou superior a B e que o rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviço deve ser igual ou superior a 0,75 (estes dois requisitos completam-se). O edifício apresenta um R_{IEE} igual a 0,16, resultando numa classe energética de A+. Portanto, o primeiro requisito foi cumprido.

O terceiro requisito, o da energia primária renovável, refere-se ao indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços ($Ren_{C\&S}$). Este valor está relacionado com a razão entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS. Como foi referido, o AQS é integralmente garantido pela recuperação de calor proveniente do VRV. Logo, não existem consumos de energia primária associados ao AQS, sendo excluído da análise do edifício como NZEB.

O último requisito diz respeito à energia primária fóssil do tipo S, ou seja, à energia do tipo S consumida pelo edifício, que teve origem em fontes de energia fósseis. O limite máximo permitido é igual a 75% do indicador de eficiência energética de referência do tipo S. Como se observa na coluna dos “Resultados da Simulação”, o valor do consumo de energia primária fóssil é inferior ao limite máximo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde sempre que um dos grandes objetivos da sociedade foi garantir um futuro melhor para as gerações seguintes e, para que isto ocorra, é necessário focar as nossas atenções em dois pilares bastante importantes, a sustentabilidade e a preservação do ambiente. Assim, a Garland Valadares apresenta um grande valor para o estudo destes pilares no setor dos edifícios.

A utilização da certificação *BREEAM* para classificar o edifício quanto à sustentabilidade, conforto térmico, desempenho energético, entre outros, permite abordar uma ampla gama de critérios que a certificação nacional, comparativamente com o *BREEAM*, só o faz de forma superficial. Esta, através dos índices de Fanger, facultou informação de como o comportamento do edifício influencia o conforto dos seus ocupantes, de como as conjugações certas dos sistemas técnicos com os materiais de construção, etc, podem provocar uma grande diferença, não só no conforto, como no desempenho energético do edifício e nas emissões de gases de efeito estufa.

Todas as etapas do processo realizado mostraram ser importantes no alcance das metas futuras, visto que, cada elemento que constitui o edifício foi estudado e pensado ao pormenor, de maneira a garantir que a Garland se encontra em harmonia com a natureza e com o ser humano. Além disto, o edifício foi criado de forma a preservar as suas características, independentemente das alterações climáticas que se avizinham.

Para finalizar, o desenvolvimento deste projeto apenas foi possível devido ao percurso académico proporcionado, principalmente no decorrer do mestrado em Engenharia Mecânica, na área de especialização em Tecnologias Energéticas e Ambientais. Grande parte da matéria lecionada mostrou ser fundamental para os conceitos abordados. Como complemento deste percurso, e com igual importância, o estágio na empresa *One Engenharia* mostrou ser uma mais-valia na consolidação dos temas tratados na universidade permitindo uma nova, e mais real, abordagem dos mesmos.

7.1. CONCLUSÕES

No projeto levado a cabo no âmbito da Unidade Curricular Dissertação, foram estudadas as características do edifício Garland Valadares e as suas vantagens para atingir as metas internacionais que visam a descarbonização, a transformação deste edifício num NZEB e o aumento do conforto térmico e da qualidade do ar interior.

No que diz respeito aos elementos construtivos do edifício em estudo, uma boa conjugação de materiais permite uma redução de cargas térmicas no verão e um aumento destas no inverno. A aplicação de isolamento na envolvente opaca permite uma redução das transferências de calor do interior para o exterior e vice e versa. Como consequência destes, a temperatura interna do edifício permanece estável por um intervalo de tempo maior, reduzindo as necessidades de climatização, os gastos energéticos, os custos de eletricidades e, conseqüentemente, contribui para o aumento da eficiência energética do edifício.

Quanto à envolvente envidraçada, foram previstos envidraçados duplos de forma a isolar melhor os espaços, com um fator solar reduzido para que estes no verão não levem a cargas térmicas excessivas, provenientes do sol, mas não muito reduzido para que no inverno o aquecimento do espaço não se dê apenas por climatização. Sendo que eram poucos os envidraçados a sul e que a norte não existem requisitos relativamente ao fator solar, apenas se pensou em proteções solares para os envidraçados a oeste.

No que toca aos sistemas técnicos do edifício em estudo, a procura pelo uso de luminárias do tipo led, tanto no interior, como no exterior do edifício, garante uma melhor iluminação do espaço com um consumo inferior, relativamente às luminárias convencionais, isto é, faz um maior aproveitamento da energia elétrica consumida.

Um equipamento do tipo chiller bomba de calor ligado diretamente a uma UTAN faz com que o ar insuflado nos espaços, não só garanta o caudal de ar novo mínimo necessário, e uma boa qualidade do ar, como permite a estabilização das cargas no espaço, não provocando mudanças de temperatura indesejáveis.

A escolha de VRVs com recuperação de calor possibilita a reutilização do calor residual gerado em espaços do edifício que necessitam de arrefecimento. Este calor será reaproveitado para as águas quentes sanitárias, evitando gastos extras para este sistema. A

sua capacidade de aquecimento e arrefecimento simultâneo é ideal para que os utilizadores possam controlar o próprio conforto.

A maximização da eficiência dos sistemas e o uso de energias renováveis garante a aproximação da Garland a um edifício NZEB, sendo que os 400 painéis solares fotovoltaicos a instalar cobrirão um total de 40% dos gastos previstos de eletricidade.

Após realizar a simulação dinâmica da Garland, utilizando o *software DesignBuilder*, obtiveram-se os parâmetros necessários para o cálculo dos créditos dos indicadores *BREEAM*: Hea 04, o indicador do conforto térmico, e o Ene 01, o indicador da redução de consumo de energia e emissões de CO₂.

No que concerne aos 56 indicadores distribuídos pelas 10 secções ambientais avaliadas pelo *BREEAM*, conclui-se que apenas os dois supracitados foram abordados pela empresa *One Engenharia*, de acordo com a decisão tomada pelo perito qualificado *BREEAM*. No âmbito desta pré-certificação, é possível obter um total de 151 créditos divididos pelos diferentes indicadores. A soma dos créditos alcançados em cada um deles permite ao perito classificar o edifício como não classificado, aprovado, bom, muito bom, excelente ou excepcional.

Para o indicador Hea 04 é possível obter 3 créditos: o da modelação térmica, o da adaptabilidade para um cenário projetado de alterações climáticas e o de zonamento térmico e de controlo. Assim, para o estudo do conforto térmico analisou-se os índices de *Fanger* para o primeiro ano de funcionamento da empresa e no quinquagésimo ano. Ao simular o edifício para estes anos, verifica-se a adaptabilidade do mesmo às alterações climáticas previstas no portal climático e se o mesmo consegue garantir conforto dos seus ocupantes ao longo dos anos.

Os resultados em ambas as simulações permitem concluir que o edifício cumpre todos os critérios necessários para obter o máximo de créditos que se pode atingir com este indicador, isto é, três créditos. Verificou-se, nos créditos 1 e 2, que, tal como no estudo de *Ole Fanger*, os valores obtidos para o índice de insatisfação variam diretamente com o índice de satisfação, isto é, para os valores de PPD existem valores correspondentes do índice PMV, pelo que os resultados obtidos estão de acordo com o modelo.

No segundo critério do indicador Hea 04 foi necessário repetir a simulação do edifício previsto só que com alterações anuais de 1,82 °C na temperatura exterior. Este valor resultou das simulações climáticas no portal do clima para o intervalo de anos de 2071 – 2100. A partir dos dados obtidos da simulação, pode-se concluir que, o edifício está preparado para

funcionar no seu melhor desempenho mesmo com as possíveis alterações climáticas que se avizinham.

Para a obtenção do último crédito de conforto térmico, foi necessário garantir que a simulação térmica da Garland demonstra as estratégias adotadas para que os ocupantes possam controlar a temperatura interior e, assim, regular o seu conforto. Contudo, para que o grau de controlo seja adequado, é necessário demonstrar aos seus utilizadores as várias vantagens que o edifício apresenta para regular a temperatura sem os sistemas de climatização. Todas as escolhas feitas para a criação deste edifício foram pensadas de maneira a cumprir os critérios do crédito três como, por exemplo, a instalação de sensores de QAI. Através do que foi explicado sobre o controlo e zoneamento térmico dos espaços, conclui-se que se obteve o último crédito, assegurando assim, o número máximo de créditos relativos ao conforto térmico.

No que se refere ao indicador Ene 01, nas simulações do edifício atual, de referência e *BREEAM*, obtiveram-se os valores para os parâmetros das necessidades térmicas, consumo de energia primária e emissões de CO₂. Ao analisar os resultados obtidos, percebe-se que as necessidades energéticas são 32,8% superiores no edifício real, comparativamente com as do edifício de referência. O mesmo não se verifica no consumo de energia primária (-75%) e nas emissões de CO₂ (-74%) pois, para estes, os valores de referência são superiores. Em relação à comparação do edifício *BREEAM* com o edifício de referência, as necessidades térmicas são superiores (+15%) e os restantes parâmetros inferiores (ambos -48,6%), tal como se verificou no edifício atual. De notar que, em todos os edifícios, a percentagem no parâmetro de consumo de energia primária e no das emissões de CO₂ são semelhantes, pois este último varia diretamente com o consumo.

Verifica-se que, no edifício atual, as necessidades térmicas são superiores tanto ao edifício de referência como ao edifício das melhores práticas *BREEAM*, mas apresenta um consumo de energia primária inferior a estes. Ao analisar os inputs da simulação para cada um dos edifícios, destacou-se o facto dos equipamentos de AVAC e AQS presentes no edifício atual serem mais eficientes. Isto indica que, apesar de haver maiores necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços, devido as características do edifício previsto, os equipamentos de AVAC possuem uma maior capacidade de transformar a energia elétrica consumida em energia térmica, em comparação aos equipamentos dos edifícios *BREEAM* e de referência.

No decorrer do método do cálculo triplo percebeu-se que apenas o segundo parâmetro, o do consumo de energia primária apresenta um valor fixo de *'policy decision'* e que os restantes não se encontram definidos na legislação portuguesa. Com base nestes dados, conclui-se que o valor de EPR_{INC} deixa de ser calculado através da média dos desempenhos de cada parâmetro, passando a ser equivalente ao valor determinado para o desempenho do parâmetro da energia primária.

Ao interpretar estes valores verifica-se que, o EPR_{INC} final deve estar dentro do intervalo [0,1]: em que 0 é o pior caso, pois não garante créditos, e 1 é a melhor situação, pois significa que se atingiu o valor máximo de 15 créditos, que indica que o edifício apresenta um desempenho energético elevado e baixas emissões de CO₂, o que indica um desempenho ideal no que toca a metas europeias relacionadas com estes parâmetros.

Obteve-se um desempenho energético final, para novas construções internacionais igual a 0,94, que faz com que o edifício tenha atingido os 15 créditos correspondentes ao indicador de redução do consumo de energia e carbono. Conclui-se assim que o edifício apresenta níveis de consumo de energia primária baixos, que indica que o mesmo apresenta uma elevada eficiência energética no que toca a tecnologias de construção sustentáveis, sistemas de aquecimento, refrigeração, iluminação, entre outros. Edifícios como a Garland contribuem ainda para a redução das emissões dos gases de efeito estufa. Assim, tal como se verifica no cálculo do número de créditos do indicador Ene 01, um bom desempenho do edifício garante uma redução do consumo de energia e de emissões de CO₂.

Após a obtenção dos créditos para ambos os indicadores, decidiu-se completar o estudo desenvolvido ao longo da dissertação com a comparação com a certificação SCE e a verificação das suas características, a fim de perceber se o edifício pode ser considerado NZEB (*Nearly Zero Energy Building*).

No que diz respeito às diferentes certificações energéticas, é importante abordar os diferentes consumos energéticos primários considerados para cada uma das certificações. Ao contrário da certificação BREEAM, a certificação portuguesa discrimina os consumos do tipo T, isto é, os consumos não regulados, para o cálculo do desempenho energético. No BREEAM, a diferenciação destes consumos mostra não ser tão importante, pois esta certificação aborda outros aspetos além do desempenho energético do edifício. No entanto, para o SCE é importante, visto que os consumos do tipo T variam com base no uso específico do edifício e nos diferentes hábitos dos ocupantes. Contudo, a avaliação dos consumos do tipo S permitem

uma avaliação energética mais completa, o que possibilita a identificação de oportunidades de melhoria nas diferentes áreas de consumo de energia do edifício. Uma outra diferença é que a certificação SCE avalia o desempenho energético em energia primária, enquanto o *BREEAM*, avalia em energia útil.

Por último, o edifício da Garland apresenta ser energeticamente eficiente, em que os seus consumos correspondem a 16% dos consumos do edifício de referência, o que lhe garante uma classe energética de A+. Ao observar a Tabela 45, percebe-se que energia fóssil do tipo S consumida pelo edifício previsto, corresponde a 20,8% de 75% da energia do tipo S consumida pelo edifício de referência. Uma análise destes valores, permite concluir que o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S corresponde à subtração do indicador de eficiência energética previsto renovável ao indicador de eficiência energética previsto do tipo S.

Quanto ao indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços, existe uma nota no respetivo despacho que estabelece que, caso não haja necessidades elétricas de AQS, não se deve considerar este requisito para os edifícios NZEB. Este é o caso do edifício da Garland, em que as águas quentes sanitárias são garantidas através da recuperação de calor proveniente dos espaços climatizados pelos VRV's. Assim, todos os requisitos associados a um edifício NZEB foram cumpridos. Pode-se considerar este edifício como *NZEB*, pois apresenta necessidades quase nulas de energia. Além disso, o uso de energias renováveis para reduzir parte dos seus gastos energéticos, juntamente com a projeção do edifício para apresentar maior eficiência possível, desde a sua envolvente até à eficiência dos sistemas técnicos, entre outros. O notável desempenho energético do edifício permite a aproximação às metas estabelecidas no PNEC30 e no RNC50, relativas ao uso de energias renováveis, à máxima eficiência energética e à redução de emissões de GEE's.

A necessidade de um ambiente confortável para os seus ocupantes, cada vez mais, visa a ser um fator indispensável neste setor. No caso da Garland as opções escolhidas vão proporcionar uma maior produtividade e bem-estar dos utilizadores, trazendo vantagens não só a nível de saúde como a nível profissional. No que toca ao desempenho energético do edifício, este apresenta valores que podem ser considerados excelentes. Apesar das necessidades energética da Garland serem elevadas, o uso de energias renováveis e, conseqüentemente, a descarbonização do edifício, compensam estes resultados, permitindo um ótimo desempenho.

7.2. PERSPETIVAS E TRABALHOS FUTUROS

A escolha por parte dos proprietários da Garland na certificação *BREEAM* implica que o “perito qualificado” tenha de contactar as várias equipas que contribuem para a criação deste projeto de forma que, cada uma delas calcule os créditos do indicador *BREEAM* que correspondem à sua parte do projeto. Caso existam indicadores que não possam ser associados a estas, cabe ao PQ contratar outras equipas específicas ao cálculo dos indicadores.

Assim, após o cálculo dos créditos por parte das equipas, compete ao técnico *BREEAM* dar o próximo passo, isto é, recolher toda a informação relativa aos indicadores para que possa obter uma classe energética final para o Pré-Certificado energético.

Além deste, futuramente, será necessário um certificado pós construção, que requer uma nova avaliação de todos os indicadores para que se possa obter uma classe energética final. Esta pré-avaliação ao edifício será tida em conta para que o edifício possa sofrer as devidas alterações e, conseqüentemente, melhorar o seu desempenho, conforto, entre outros.

REFERÊNCIAS

- [1] J. E. M. Ramos, “Revolução Industrial na Inglaterra,” 01 06 2023. [Online]. Available: <https://www.suapesquisa.com/industrial/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [2] Sedgwick, “THE HISTORY OF HOME HEATING SYSTEMS,” 22 10 2015. [Online]. Available: <https://www.sedgwickheating.com/the-history-of-home-heating-systems/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [3] P. Lewis, “Lighting the Industrial Revolution,” 30 08 2019. [Online]. Available: <https://www.open.edu/openlearn/history-the-arts/history/history-science-technology-and-medicine/history-technology/lighting-the-industrial-revolution>. [Acedido em 23 09 2023].
- [4] D. Ferreira, “A revolução industrial e a arquitetura de ferro,” [Online]. Available: <https://citaliarestauro.com/revolucao-industrial-arquitetura-do-ferro/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [5] Gold Energy, “Protocolo de Quioto,” [Online]. Available: <https://goldenergy.pt/glossario/protocolo-quioto/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [6] P. Guitarrara, “Protocolo de Kyoto,” [Online]. Available: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>. [Acedido em 23 09 2023].
- [7] Agência Portuguesa do Ambiente, “Acordo de Paris,” [Online]. Available: <https://apambiente.pt/clima/acordo-de-paris>. [Acedido em 23 09 2023].
- [8] DGEG, “Estratégias e Política Energética,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/planeamento-energetico-e-seguranca-de-abastecimento/planeamento-e-politica-energetica/estrategias-e-politica-energetica/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [9] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “PNAEE - Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética,” 2013.
- [10] DGEG, “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios de Portugal (ELPRE PT),” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/relacoes-internacionais/politica-energetica/estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-dos-edificios-de-portugal-elpre-pt/>. [Acedido em 23 09 2023].
- [11] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030),” 2020.

- [12] Agência Portuguesa do Ambiente, “Inventário Nacional de Emissões 2023,” 2023.
- [13] DGEG e ADENE, “Energia em Números - Edição 2023,” ADENE – Agência para a Energia, Lisboa, 2023.
- [14] BREEAM International New Construction, Reino Unido: BRE Global Ltd., 2016.
- [15] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 40/90,” *Decreto-Lei n.º 40/90*, p. 15, 06 02 1990.
- [16] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, “Diretiva 2002/91/CE,” p. 7, 16 12 2002.
- [17] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto-Lei n.º 78/2006,” p. 5, 04 04 2006.
- [18] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 79/2006,” p. 53, 04 04 2006.
- [19] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 80/2006,” p. 46, 04 04 2006.
- [20] space lovers, “Edifícios nZEB - o que são e o que significam em construção nova?,” [Online]. Available: <https://spacelovers.pt/edificios-nzeb/>. [Acedido em 27 09 2023].
- [21] P. M. Silva Moreira, “TRANSPOSIÇÃO DA NOVO DIRETIVA EUROPEIA EPBD2018 PARA A REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA EM PORTUGAL,” Porto, 2020.
- [22] Ministério da Economia e do Emprego, “Decreto-Lei n.º 118/2013,” p. 18, 20 08 2013.
- [23] Parlamento Europeu, “Relatório sobre a aplicação da Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios,” 15 11 2021. [Online]. Available: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0321_PT.html. [Acedido em 29 09 2023].
- [24] DGEG, “Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>. [Acedido em 29 09 2023].
- [25] Direção-Geral de Energia e Geologia, “AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA - Despacho n.º 6476-E/2021,” p. 3, 01 07 2021.
- [26] Direção-Geral de Energia e Geologia, “Nota Técnica - Edifícios NZEB20 e outros conceitos úteis para acesso a incentivos,” p. 10, 11 08 2022.
- [27] A. M. Rodrigues, A. C. d. Piedade e A. M. Braga, *Térmica de Edifícios*, Alfragide: Edições Orion, 2009.
- [28] P. R. Lamberts e P. A. A. d. P. Xavier, “Conforto Térmico e Stress Térmico,” Florianópolis, 2002.

- [29] N. J. d. Oliveira Rodrigues, “Modelação computacional e avaliação experimental do conforto térmico ocupacional em salas de operação,” Guimarães, 2017.
- [30] M. A. Rodrigues, “Condições de Trabalho e Conforto em Bibliotecas de Ensino Superior,” Guimarães, 2009.
- [31] C. M. Fernandes, “Níveis de conforto térmico para os utilizadores de salas de operações,” Guimarães, 2014.
- [32] “Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria,” International Organization for Standardization - ISO, 2005.
- [33] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE, “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,” American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE, 2004.
- [34] Mutual Engenharia Inteligente, “Serviços,” [Online]. Available: <https://www.mutual.com.br/servicos/>. [Acedido em 06 09 2023].
- [35] BRE Group, “What is BREEAM?,” [Online]. Available: <https://bregroup.com/products/breeam/>. [Acedido em 07 09 2023].
- [36] Build Energy, “BREEAM sets the standard for best practice in sustainable building design, construction and operation.,” [Online]. Available: <https://www.buildenergy.co.uk/services/breeam/what-is-breeam/>. [Acedido em 07 09 2023].
- [37] Stone Cycling, “What is BREEAM and Why is it Important for the Built Environment Industry?,” 20 07 2021. [Online]. Available: <https://www.stonecycling.com/news/what-is-breeam/>. [Acedido em 07 09 2023].
- [38] On Greening, “What is BREEAM?,” [Online]. Available: <https://ongreening.com/breeam-rating-system-5-minute-guide/>. [Acedido em 07 09 2023].
- [39] NBS, “What is BREEAM?,” [Online]. Available: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-breeam>. [Acedido em 07 09 2023].
- [40] BRE, “Guidance Note GN25: BREEAM International New Construction,” p. 12, 2016.
- [41] EnergyPlus, “QuickStart,” [Online]. Available: <https://energyplus.net/quick-start#what>. [Acedido em 10 09 2023].
- [42] Altensis, “DesignBuilder Software,” [Online]. Available: <https://www.altensis.com/en/services/designbuilder-software/>. [Acedido em 02 01 2024].
- [43] Presidência do Conselho de Ministros, “DECRETO-LEI Nº 101-D/2020,” p. 25, 07 12 2020.

- [44] Adene (Agência para Energia) e DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia), Guia SCE – Parâmetros de Cálculo, 2020.
- [45] Adene (Agência para a Energia), Agência Portuguesa do Ambiente e EPAL (Grupo Águas de Portugal), “Ficha 6.a – Intervenções na envolvente opaca do edifício,” p. 9, 18 01 2018.
- [46] TM Jr - Tecnologia Mecânica Júnior, “Cálculo de carga térmica: o que é e porquê é importante realizá-lo,” 11 09 2019. [Online]. Available: <https://pt.linkedin.com/pulse/c%C3%A1lculo-de-carga-t%C3%A9rmica-o-que-%C3%A9-e-porqu%C3%AA-importante-tmjr->. [Acedido em 12 11 2023].
- [47] “Thermal Inertia,” [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/thermal-inertia>. [Acedido em 12 11 2023].
- [48] “Inércia térmica,” [Online]. Available: <http://www.futureng.pt/inercia-termica>. [Acedido em 12 11 2023].
- [49] LG, “ARUM221LTE5 ARUM241LTE5,” [Online]. Available: <https://www.lgbusiness.es/climatizacion/multi-v/exteriores-multi-v-5/arum221lte5/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [50] LG, “Ceiling Cassette (Standard), 4 Way, 12kBTU,” [Online]. Available: Ceiling Cassette (Standard), 4 Way, 12kBTU. [Acedido em 15 01 2024].
- [51] LG, “ARNU21GTQB4 - Unità interna a cassetta 4 vie per sistemi MULTI V. Capacità nominale: raffredd. 6,0 kW, riscald. 6,8 kW.,” [Online]. Available: <https://www.lgbusiness.it/climatizzazione/cassetta-a-4-vie-570-x-570/arnu21gtqb4/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [52] LG, “Ceiling Cassette (Standard), 4 Way, 7kBTU,” [Online]. Available: <https://www.lg.com/uk/business/hvac/vrf/vrf-indoor-units/arnu07gtrb4/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [53] LG, “Ceiling Cassette (Standard), 4 Way, 5kBTU,” [Online]. Available: <https://www.lg.com/uk/business/hvac/vrf/vrf-indoor-units/arnu05gtrb4/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [54] Great Deal Eletronics, “AR CONDICIONADO LG S18ET.UL2 (UNIDADE EXTERIOR),” [Online]. Available: <https://www.greatdeal.pt/ar-condicionado/468-ar-condicionado-lg-s18etul2-unidade-exterior-8806098652860.html>. [Acedido em 15 01 2024].
- [55] LG, “Ar Condicionado LG Standard Plus S18ET, Unidade Interior Monosplit, Capacidade de Arrefecimento/Aquecimento 5,0/5,8kW, Branco,” [Online]. Available:

- <https://www.lg.com/pt/ar-condicionado-residencial/ar-condicionado-residencial/s18et/>.
[Acedido em 15 01 2024].
- [56] Sanipower, “LG® Consola UUA1.ULO Unidade Exterior R32,” [Online]. Available: <https://www.sanipower.pt/ar-condicionado/lg/mono-split-r32/lg-consola-uua1ul0-unidade-exterior-r32>. [Acedido em 15 01 2024].
- [57] LG, “Un. MultiSplit | 3.5 kW | Cassete 4 Vias,” [Online]. Available: <https://www.lg.com/pt/business/climatizacao-para-empresas/ct12/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [58] LG, “HM091M.U43 - Unità Esterna a pompa di calore monoblocco Therma V, refrigerante R32.,” [Online]. Available: Ceiling Cassette (Standard), 4 Way, 5kBTU. [Acedido em 15 01 2024].
- [59] EVAC, “TRATAMENTO DE AR,” [Online]. Available: <https://www.evac.pt/produtos/tratamento-de-ar/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [60] S&P, “Ventiladores helicocentrífugos ultrassilenciosos de baixo consumo,” [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/pt-pt/ventiladores-em-linha-td-silent-ecowatt-755-serie/>. [Acedido em 15 01 2024].
- [61] LG, “Hydro Kit (Solução em Água Quente),” [Online]. Available: <https://www.lg.com/br/business/hydro-kit-solucao-em-agua-quente#:~:text=O%20Hydro%20Kit%20%28solu%C3%A7%C3%A3o%20em%20%C3%A1gua%20quente%29%20da,ao%20mesmo%20tempo%20em%20que%20otimiza%20a%20efici%C3%Aancia..> [Acedido em 18 01 2024].
- [62] DISTERM - Distribuição de Climatização, “HIDRO KIT - ALTA TEMPERATURA,” [Online]. Available: <https://www.disterm.pt/prd/ar-condicionado/670-hidro-kit-alta-temperatura.html>. [Acedido em 18 01 2024].
- [63] Grundfos, “MAGNA1 25-120,” [Online]. Available: <https://product-selection.grundfos.com/pt/products/magna/magna1/magna1-25-120-99221215?pumpsystemid=2277386338&tab=variant-curves>. [Acedido em 21 01 2024].
- [64] Gruponor Elevadores, “Ascensores Eléctricos,” [Online]. Available: https://grupnor.pt/Sistema_Electrico.aspx?id=3&t=Sistemas_Electricos&menu=Produtos. [Acedido em 18 01 2024].
- [65] IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, “Portal do Clima,” [Online]. Available: <http://portaldoclima.pt/pt/>. [Acedido em 24 03 2024].
- [66] Direção-Geral de Energia e Geologia, Manual SCE - Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios, 2021.

- [67] Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação, “Portaria nº 138-I/2021,” p. 42, 01 07 2021.
- [68] A. A. Cunha Dias, “Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade,” Guimarães, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A ESPECIFICAÇÕES DAS MELHORES PRÁTICAS DO EDIFÍCIO

BREEAM

Appendix B BREEAM best practice specification

Table 2 – BREEAM Best Practice Specification (Metric)

Element	Best practice specification
Roof U-value (W/m ² .K)	0.15*
Wall U-value (W/m ² .K)	0.2*
Floor U-value (W/m ² .K)	0.2*
Window U-value (W/m ² .K)	1.2*
G-Value (%)	0.67
Light Transmittance (%)	0.71
Roof light U-value (W/m ² .K)	2.2*
G-Value (%)	0.6
Light Transmittance (%)	0.7
Air-permeability - GIA < 10,000m ² (m ³ /m ² /hour)	2*
Air-permeability - GIA ≥ 10,000m ² (m ³ /m ² /hour)	1.5*
Lighting Luminaire (lm/circuit watt)	65*
Occupancy control (Yes/No)	where appropriate
Daylight control (Yes/No)	dimming where appropriate
Heating efficiency (Heating and hot water)	
1) Heat pump (Electricity)	4.5
2) Heat pump (Ground/water)	4.5
3) Heat pump (Biogas)	4.5
4) LTHW boiler (Oil)	0.9
5) LTHW boiler (Natural gas)	0.92
6) LTHW boiler default	0.9
7) LTHW boiler (biomass)	0.85
8) Cooling-heat pump (Electricity)	3.5
9) Air cooled chiller	3.5
10) Chiller default	3.5
Central Ventilation SFP (W/l/s)	1
Terminal Unit SFP (W/l/s)	0.5
Heat recovery efficiency (%)	0.75 (for medium/small systems)
Variable speed control of fans and pumps, controlled via multiple sensors	Yes where appropriate
Demand control (mechanical ventilation only). Variable speed control of fans via CO ₂ sensors	Yes where appropriate
On site electrical generation	See further guidance below
CHP systems	90% overall efficiency for generation of all heating, cooling and electricity

Apêndice B ALÇADOS DA ZONA ADMINISTRATIVA

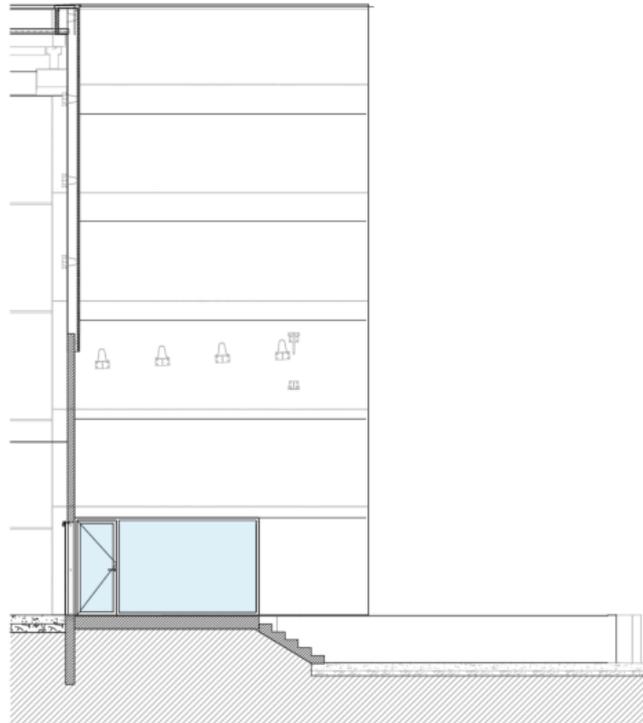


Figura 41 - Alçado Norte da Zona Administrativa

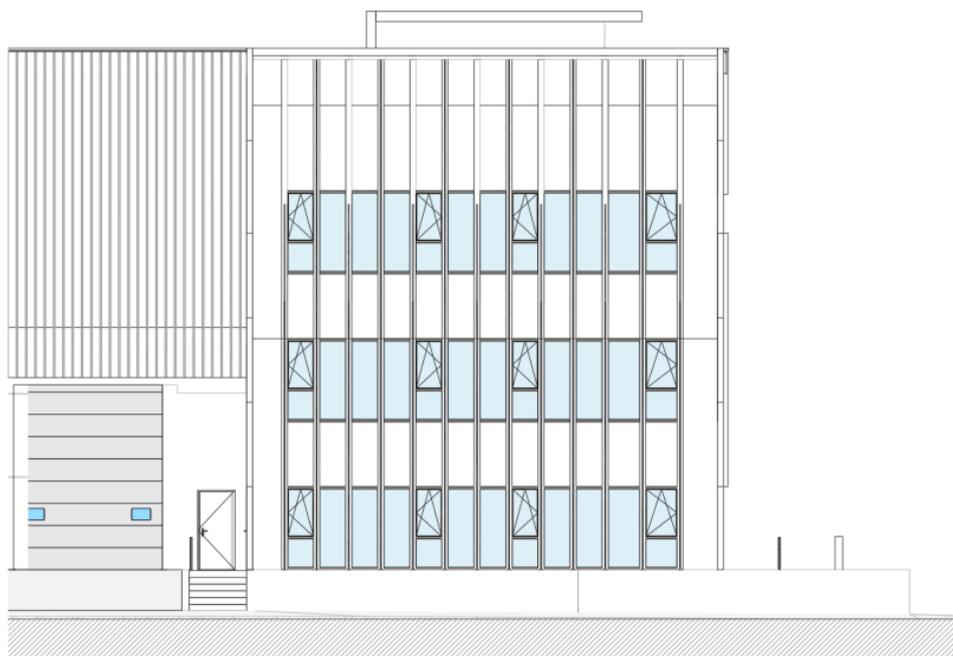


Figura 42 - Alçado Oeste da Zona Administrativa

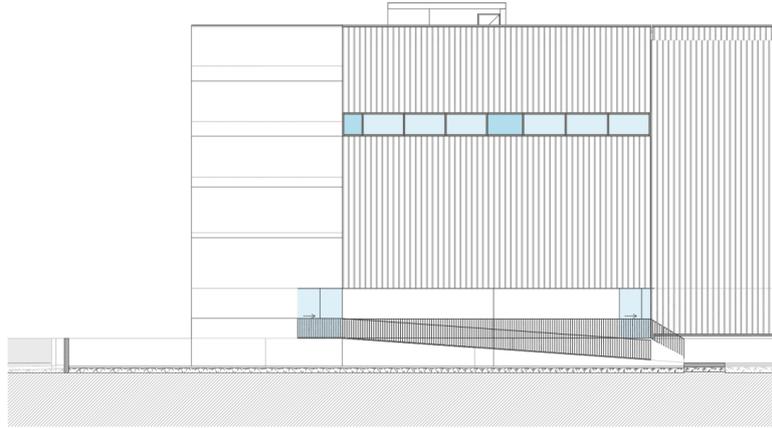


Figura 43 - Alçado Sul da Zona Administrativa

Apêndice C FICHA TÉCNICA

Envolvente Opaca

➤ Painél Sandwich Microperfilado

HI-PIRM STM
HI-PIR STM

Ficha técnica
PAINEL MICROPERFILADO FACHADAS

DESCRIÇÃO E APLICAÇÕES

Painel sandwich de **faces metálicas** e núcleo **isolante rígido**.

Graças à sua face exterior **exterior microperfilada**, com um novo desenho esteticamente **inovador** e suas **fixações ocultas**, proporciona um excelente **acabamento arquitetónico**.

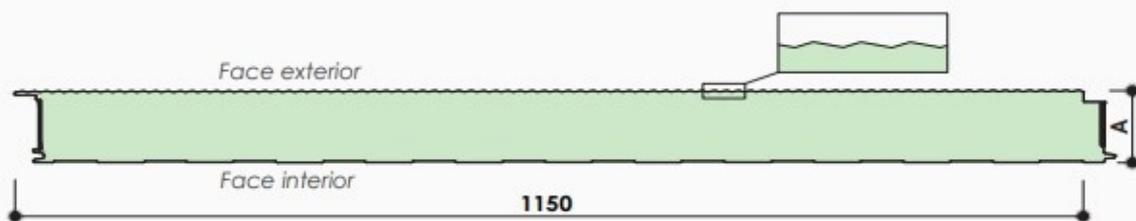
Como núcleo isolante, pode utilizar-se espuma **PIR** ou **PIRM** (poliisocianuratos).

Disponível em **diversas espessuras, revestimentos e cores**.

Fachadas isolantes para edificação industrial, residencial, comercial e instalações desportivas, assim como para **tetos** e **divisórias internas**.



DIMENSÕES, PESO E PRESTAÇÕES TÉRMICAS



Largura útil	1.150 mm						
Comprimento de fabricação	2,0 a 13,5 m						
	13,5 a 16 m (transportes especiais)						
Condutividade térmica	0,0195 W/mK						
Condutividade térmica declarada¹	0,0217 W/mK considerando um núcleo envelhecido)						
Densidade do núcleo isolante	PIR: 40 (± 5) kg/m ³ PIRM: 40 (-2/+5) kg/m ³						
Espessura (A)	35	40	50	60	80	100	(mm)
Peso	9,93	10,13	10,53	10,93	11,73	12,53	(kg/m ²)
Transmitância térmica¹ (PIR/PIRM)	0,63	0,54	0,43	0,35	0,27	0,21	(W/m ² K)
Resistência térmica² (PIR / PIRM)	1,57	1,80	2,26	2,72	3,64	4,56	(m ² K/W)

➤ Tela acústica Danosa Impactodan 10



IMPACTODAN-10 (2 X 25 M)



IMPACTODAN 5 é uma membrana de espuma de polietileno reticulado de 5 mm de espessura. A estrutura de célula fechada confere ao produto propriedades mecânicas e físicas excepcionais. Utiliza-se para isolamento acústico de ruídos de impacto em pavimentos, conferindo também uma elevada resistência à fadiga e uma instalação fácil e eficaz. O seu uso está devidamente avalizado pelo DIT nº 439 do Instituto de Ciências da Construção 'Eduardo Torroja'.

Apresentação

- Largura (cm) 200
- Diâmetro (mm) 60
- Espessura (mm) 10
- Comprimento (cm) 25
- Peso (kg) 215
- Superfície (m²) 50
- Referência da variante 620017

Dados técnicos

Conceito	Valor	Norma
Condutividade térmica declarada (W/mK)	0.038	-
Deformação remanescente (24h comprimido a 50%, 23°C) (%)	< 30	EN 1856
Densidade (kg/m ³)	25 ± 2	EN 845
Factor de difusão de vapor d'água, μ	> 2000	EN 12086
Massa nominal (kg/m ²)	0.25	-
Aumento de ruído de impacto ΔLn (dB)	21	EN 140-8 EN 717-2

Envolvente Envidraçada

➤ Vidro

GAMA DE VIDROS DE CONTROLO SOLAR QUE PODEM SER CURVADOS E TEMPERADOS

SGG COOL-LITE ST é uma gama de vidros de controlo solar que podem ser curvados e temperados permitindo grandes realizações arquitectónicas.

DESCRIÇÃO

SGG COOL-LITE ST são vidros de capa, obtidos por depósito catódico sob vácuo de várias capas metálicas sobre um vidro incolor SGG PLANICLEAR. O processo de fabricação e o tipo de material depositado sobre o vidro asseguram à capa uma resistência e uma estabilidade ao longo do tempo. Estas características permitem a estes vidros de capa serem curvados, temperados ou esmaltados, mantendo contudo todas as características estéticas e técnicas. São utilizados em vidro duplo, capa em face 2.

BENEFÍCIOS

A gama SGG COOL-LITE ST, combinam-se facilmente com outros vidros para assegurar:

- Isolamento Térmico Reforçado;
- Isolamento Acústico;
- Segurança;
- Decoração.

Oferecem uma larga gama de performances de controlo solar:
 - Melhoramento do controlo visual na filtragem da luz;
 - Permitem diminuir os custos de climatização na época dos períodos de forte ensolação.

APLICAÇÃO EM OBRA

- Os vidros SGG COOL-LITE ST devem ser montados conforme a legislação em vigor e os princípios gerais de montagem.
- A capa não necessita de ser desbordeada, nem para um vidro duplo, nem para a colagem VEC (Structural Glazing).
- Os mastiques utilizados na montagem de vidro duplo, para colocação de vidro duplo, ou para a colagem em VEC, devem ser compatíveis com a capa SGG COOL-LITE ST.
- Os vidros SGG COOL-LITE ST podem ser montados em vidro exterior agrafado (sistema SGG POINT).



ESTÉTICA

Os vidros da gama SGG COOL-LITE ST tem um aspecto ligeiramente azulado, vistos do exterior, quando em reflexão. Quando observados por transmissão, do interior, têm um aspeto neutro que não modificam as cores de quem vê do exterior.

TRANSFORMAÇÃO

SGG COOL-LITE ST é um vidro multifunções, facilmente transformado graças à capa particularmente resistente.

- Pode ser:
 - curvado (SGG CONTOUR),
 - temperado (SGG SECURIT),
 - termo-endurecido (SGG PLANIDUR),
 - laminado (SGG STADIP, SGG STADIP PROTECT ou SGG STADIP SILENCE),
 - esmaltado (SGG EMALIT REFLET),
 - serigrafado.

PERFORMANCE

Produto			Energia			Coeficiente U (W/m ² .K)		
Vidro Exterior (6mm)	Vidro Interior (6mm)	Câmara (mm)	Transmissão L %	Reflexão Ext. %	Fator g	LS	Ar	Argón 90%
SGG COOL-LITE ST 167	SGG PLANICLEAR	12 16	61%	23%	0,61	0,9	2,8 2,7	2,7 2,6
SGG COOL-LITE ST 150	SGG PLANICLEAR	12 16	47%	20%	0,47	1,0	2,8 2,7	2,6 2,5
SGG COOL-LITE ST 136	SGG PLANICLEAR	12 16	34%	23%	0,35	1,0	2,7 2,6	2,6 2,5
SGG COOL-LITE ST 120	SGG PLANICLEAR	12 16	19%	32%	0,22	1,0	2,6 2,4	2,5 2,4

de acordo com a norma EN 1096



GAMA

Referência	Espessuras (mm)	Suporte de capa	Dimensões	
			Comprimento (mm)	Largura (mm)
Capa ST 167	4-6-8-10	SGG PLANICLEAR	6000	3210
Capa ST 150	4-6-8-10	SGG PLANICLEAR	6000	3210
Capa ST 136	4-6-8-10	SGG PLANICLEAR	6000	3210
Capa ST 120	4-6-8-10	SGG PLANICLEAR	6000	3210

Tolerâncias: esp.6mm: +/- 0,2 esp. 8 e 10 mm: +/- 0,3mm

➤ Caixilharia

navarra
a marca do alumínio

JANELA OSCILOBATENTE 2 FOLHAS + FIXO
2800x2400mm

- permeabilidade ao ar: classe 4 (EN 1026 | EN 12207)
- estanquidade à água: classe 8A (EN 1027 | EN 12208)
- resistência ao vento: classe C4 (EN 12211 | EN 12210)

Ensaio: 21460 O.N. n.º 1239

JANELA OSCILOBATENTE 2 FOLHAS DOBRADIÇA OCULTA
2500x2400mm

- permeabilidade ao ar: classe 4 (EN 1026 | EN 12207)
- estanquidade à água: classe 6A (EN 1027 | EN 12208)
- resistência ao vento: classe C2 (EN 12211 | EN 12210)

Ensaio: 21458 O.N. n.º 1239

PORTA PEDONAL 1 FOLHA BATENTE
992x2016mm

- permeabilidade ao ar: classe 3 (EN 1026 | EN 12207)
- estanquidade à água: classe 2A (EN 1027 | EN 12208)
- resistência ao vento: classe C4 (EN 12211 | EN 12210)

Ensaio: HIG 410/10 O.N. n.º 2211

PORTA E JANELA

- transmissão térmica: U_f médio=3,2W/m²·K (EN 10077-2)

Ensaio: 19451 e O.N. n.º 1239

* U_f = 2,32W/m²·K n14 200 ; \dot{Q}_t com perfis de isolamento

JANELA DE BATENTE 2 FOLHAS
área total da janela=2,7m²
unidade de vidro solar RW=40 (C,-4)

- atenuação acústica: RW(C;Ctr)≤38(-1;-4)dB (anexo B-EN 14351-1:2006)

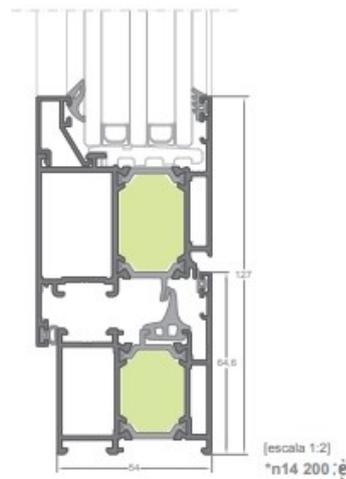
Ensaio: 19659-4 O.N. n.º 1239

JANELA OSCILOBATENTE 2 FOLHAS
1200x1200 (8-16-16)

- atenuação acústica: RW(C;Ctr)=37(-1;-4)dB (EN 20140-3/EN ISO 717-1)

Ensaio: 156-05-NAI

JANELA OSCILOBATENTE 2 FOLHAS
1800x2200 (8-16-16)



 **navarra**[®]
a marca do alumínio

 Transmissão Térmica: $U_{cw}=2,91 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
(vidro $U_g=1,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

$U_{cw}=3,78 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
(vidro $U_g=2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

(EN ISO 10077-2)



Sistemas de Climatização

➤ VRF – Unidade Exterior

LGE MULTI V 5 Specification Data

ARUM241LTE5		
Multi V 5 Combination Outdoor Unit		
2xARUM120LTE5		
Type	Air Source Heat Pump & Heat Recovery	
Colour	Warm Grey NL503K/Dawn Grey NL507K	
Power Supply	φ, V, Hz	3, 380-415, 50



LG participates in the ECP programme for EUROVENT AC. Check ongoing validity of certification: www.eurovent-certification.com

MULTI V™ 5



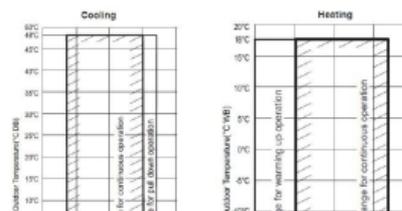
Performance			
Nominal Capacity	Cooling	kW	67.2
	Heating	kW	67.2
Power Input	Cooling	kW	15.16
	Heating	kW	13.70

Efficiency			
EER	Rated		4.43
COP	Rated		4.91
SEER			9.72
SCOP			5.03

Design Data			
Dimension (WxHxD)	mm	(930×1690×760)×2	
Net weight	Kg	215×2	
Number of maximum connectable indoor units		39(48)	
Piping for Heat Recovery	Liquid	mm(inch)	15.88(5/8)
	Low Pressure Gas	mm(inch)	34.9(1-3/8)
	High Pressure Gas	mm(inch)	28.58(1-1/8)
Piping for Heat Pump	Liquid	mm(inch)	15.88(5/8)
	Gas	mm(inch)	34.9(1-3/8)
Sound Pressure Level	Cooling	dB(A)	62.0
	Heating	dB(A)	63.0
Sound Power Level	Cooling	dB(A)	89.0
	Heating	dB(A)	92.0
Refrigerant	Name	R410A	
	Precharged Quantity	Kg	19.0
	GWP	2087.5	
	T-CO ₂ eq.	39.7	
	Control	Electronic Expansion Valve	
Minimum circuit current	(A)	50.9	
Total over current	(A)	56	
Maximum fuse current	(A)	63	
Running current	Cooling	(A)	23.70-21.70
	Heating	(A)	25.60-23.44
Acceptable voltage range	(V)	342-456	
Communication cable (VCTF-SB)	No.xmm ²	2Cx1.0-1.5	

Features	
Compressor	High sided shell, hermetically sealed inverter scroll
	High pressure oil return
	Vapour injection
	Advanced wear-resistance PEEK bearing material
	Real time oil level monitoring sensor
	Automatic oil balancing between dual compressors
Heat exchanger	Over compression protection
	Anti-corrosion Ocean Black Fin
Outdoor fan	Variable heat path control
	Biomimetic patterns on blades to reduce noise level
System control and monitoring	Dual sensing (temperature and humidity)
	Advanced smart load control
	Cooling comfort function during cooling mode
	Defrost control for continuous heating
	Night quiet operation mode
	Automatic refrigerant charging
	Active refrigerant monitoring & control
Automatic fault diagnosis	
BMS connectivity	LonWorks, BACnet and Modbus
Monitoring cycle	LGMV/Mobile LGMV (Android smartphone)
Compatible indoor units	Multi V VRF indoor unit range
	AHU Communication kit
	ERV DX
	Hydro kit

Operation Limits



➤ VRV – Unidades Interiores

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Mounted Cassette (4-Way Mini)

2. Specifications

Model		Unit	ARNU09GTRB4	ARNU12GTRB4
Cooling Capacity		kW	2.8	3.6
		kcal/h	2,400	3,100
		Btu/h	9,600	12,300
Heating Capacity		kW	3.2	4.0
		kcal/h	2,800	3,400
		Btu/h	10,900	13,600
Power Input (H / M / L)		W	14 / 13 / 12	17 / 15 / 13
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570
		inch	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16
	Decoration Panel #1	-	PT-UQC	PT-UQC
		mm	700 x 22 x 700	700 x 22 x 700
		inch	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16
		Decoration Panel #2	-	PT-QCHW0
	mm		620 x 34 x 620	620 x 34 x 620
		inch	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32
		Decoration Panel #3	-	PT-QAGW0
	mm		620 x 35 x 620	620 x 35 x 620
	inch	24-13/32 x 1-3/8 x 24-13/32	24-13/32 x 1-3/8 x 24-13/32	
Panel Color		-	#1, #2 : Morning fog #3 : White	#1, #2 : Morning fog #3 : White
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 8 x 18	2 x 8 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan
	Motor Output x Number		W	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	8.0 / 7.5 / 7.1	8.7 / 8.0 / 7.0
		ft ³ /min	283 / 265 / 251	307 / 283 / 247
	Drive		Direct	Direct
Motor type		BLDC	BLDC	
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	13.7(30.2)	13.7(30.2)
	Packaged	kg(lbs)	16.4(36.2)	16.4(36.2)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	30 / 29 / 27	32 / 30 / 27
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	46 / 43 / 42	48 / 46 / 43
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.10 - 0.09 - 0.09	0.12 - 0.11 - 0.11
Maximum Running Current		A	0.20	0.20
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.25 / 0.21	0.25 / 0.21
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Mounted Cassette (4-Way Mini)

2. Specifications

Model		Unit	ARNU21GTQB4
Cooling Capacity		kW	6.0
		kcal/h	5,100
		Btu/h	20,500
Heating Capacity		kW	6.8
		kcal/h	5,800
		Btu/h	23,200
Power Input (H / M / L)		W	28 / 23 / 20
Casing			Galvanized Steel Plate
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	570 x 256 x 570
		inch	22-7/16 x 10-3/32 x 22-7/16
	Decoration Panel #1	-	PT-UQC
		mm	700 x 22 x 700
	Decoration Panel #2	inch	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16
		-	PT-QCHW0
	Decoration Panel #3	mm	620 x 34 x 620
		inch	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32
	Panel Color	-	PT-QAGW0
-		620 x 35 x 620 24-13/32 x 1-3/8 x 24-13/32	
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 10 x 18
	Face Area	m ²	0.27
Fan	Type		Turbo Fan
	Motor Output x Number	W	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	12.0 / 11.1 / 9.4
		ft ³ /min	424 / 392 / 332
	Drive		Direct
Motor type		BLDC	
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene
Safety Device			Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø9.52(3/8)
	Gas Side	mm(inch)	Ø15.88(5/8)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	15.0(33.0)
	Packaged	kg(lbs)	17.0(37.5)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	40 / 38 / 34
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	53 / 51 / 46
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.20 - 0.19 - 0.18
Maximum Running Current		A	0.20
Refrigerant	Type	-	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.32 / 0.26
	Control	-	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Mounted Cassette (4-Way Mini)

2. Specifications

Model		Unit	ARNU05GTRB4	ARNU07GTRB4
Cooling Capacity		kW	1.6	2.2
		kcal/h	1,400	1,900
		Btu/h	5,500	7,500
Heating Capacity		kW	1.8	2.5
		kcal/h	1,500	2,200
		Btu/h	6,100	8,500
Power Input (H / M / L)		W	13 / 12 / 11	13 / 12 / 11
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570
		inch	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16
	Decoration Panel #1	mm	700 x 22 x 700	700 x 22 x 700
		inch	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16
	Decoration Panel #2	mm	620 x 34 x 620	620 x 34 x 620
		inch	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32
Coil	Rows x Columns x FPI		1 x 8 x 18	1 x 8 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan
	Motor Output x Number	W	43 x 1	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	7.5 / 7.0 / 6.6	7.5 / 7.0 / 6.6
		ft ³ /min	265 / 247 / 212	265 / 247 / 212
	Drive		Direct	Direct
Motor type		BLDC	BLDC	
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	Microprocessor, Thermostat for cooling and heating
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	12.6(27.8)	12.6(27.8)
	Packaged	kg(lbs)	15.3(33.7)	15.3(33.7)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	29 / 27 / 26	29 / 27 / 26
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	45 / 43 / 42	45 / 43 / 42
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.09 - 0.09 - 0.08	0.09 - 0.09 - 0.08
Maximum Running Current		A	0.20	0.20
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.18 / 0.15	0.18 / 0.15
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C
Panel Color			Morning fog	Morning fog
Panel Name(Accessory)			PT-UQC, PT-QCHW0	

➤ Split – Unidades Exteriores (Data center)

FEATURE	VALUE	UNIT
Seasonal Efficiency In Cooling		
Pdesignc (Design Load Cooling)	5	kW
SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)	7	
Qce (Annual electricity consumption for cooling)	250	kWh/annum
SEER Class (Seasonal Energy Efficiency Ratio Class)	A++	
Heating Average Climate		
Pdesignh (Design load heating)	3.9	kW
SCOP (Reference SCOP)	4.3	
SCOP Class (Seasonal Coefficient Of Performance Class)	A+	
Qhe (Annual electricity consumption for heating)	1270	kWh/annum
Acoustic		
LwO env (A-weighted sound level outdoor near the envelope for non ducted units)	65	dB(A)
LwI1 env (A-weighted sound power level indoor unit 1 (non ducted))	60	dB(A)
Standard Cooling/Cooling PL Cond A		
Pc (Total Cooling Capacity)	5	kW
Pec (Effective Power Input for Cooling (for chilled water cooled Close Control units only)	1.56	kW
EER (Energy Efficiency Ratio)	3.2	
Cooling PL CondB		
Pc @ 30°C (Declared Cooling Capacity @ 30°C)	3.69	kW
EER @ 30°C (Declared Energy Efficiency @ 30°C)	5.2	
Cooling PL CondC		
Pc @ 25°C (Declared Cooling Capacity @ 25°C)	2.37	kW
EER @ 25°C (Declared Energy Efficiency @ 25°C)	8.4	
Cooling PL CondD		
Pc @ 20°C (Declared Cooling Capacity @ 20°C)	1.41	kW
EER @ 20°C (Declared Energy Efficiency @ 20°C)	13.9	
Standard Heating		
Ph (Heating Capacity)	5.8	kW
Peh (Net Electric Power Consumption for Heating Only application)	1.61	kW
COP (Coefficient Of Performance)	3.6	

➤ Split – Unidades Exteriores (Portaria)

FEATURE	VALUE	UNIT
Seasonal Efficiency In Cooling		
Pdesignc (Design Load Cooling)	3.4	kW
SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)	6.7	
Qce (Annual electricity consumption for cooling)	178	kWh/annum
SEER Class (Seasonal Energy Efficiency Ratio Class)	A++	
Heating Average Climate		
Pdesignh (Design load heating)	2.8	kW
SCOP (Reference SCOP)	4	
SCOP Class (Seasonal Coefficient Of Performance Class)	A+	
Qhe (Annual electricity consumption for heating)	980	kWh/annum
Acoustic		
LwO env (A-weighted sound level outdoor near the envelope for non ducted units)	65	dB(A)
LwI1 env (A-weighted sound power level indoor unit 1 (non ducted))	52	dB(A)
Standard Cooling/Cooling PL Cond A		
Pc (Total Cooling Capacity)	3.4	kW
Pec (Effective Power Input for Cooling (for chilled water cooled Close Control units only)	0.97	kW
EER (Energy Efficiency Ratio)	3.51	
Cooling PL CondB		
Pc @ 30°C (Declared Cooling Capacity @ 30°C)	2.5	kW
EER @ 30°C (Declared Energy Efficiency @ 30°C)	5.4	
Cooling PL CondC		
Pc @ 25°C (Declared Cooling Capacity @ 25°C)	1.6	kW
EER @ 25°C (Declared Energy Efficiency @ 25°C)	8.7	
Cooling PL CondD		
Pc @ 20°C (Declared Cooling Capacity @ 20°C)	1.25	kW
EER @ 20°C (Declared Energy Efficiency @ 20°C)	12.48	
Standard Heating		
Ph (Heating Capacity)	4.1	kW
Peh (Net Electric Power Consumption for Heating Only application)	1.11	kW
COP (Coefficient Of Performance)	3.71	

➤ Split – Unidades Interiores (Portaria)

MULTI/SINGLE Indoor unit

Ceiling Mounted cassette 4-way

2. Specifications

Model Name			Unit	ZTNW09GRLA1 [CT09F NR0]	ZTNW12GRLA1 [CT12F NR0]	
Power Supply			V, Ø, Hz	220-240, 1, 50 220, 1, 60	220-240, 1, 50 220, 1, 60	
Capacity(Nominal)	Cooling		kW	2.5	3.4	
	Heating		kW	3.2	4.1	
Power Input		H / M / L	W	26 / 22 / 19	28 / 24 / 20	
Running Current		H / M / L	A	0.31 / 0.29 / 0.27	0.32 / 0.30 / 0.28	
		Max.	A	0.40	0.40	
Exterior	Color		-	Steel Gray	Steel Gray	
Dimensions		W x H x D	mm	570 × 214 × 570	570 × 214 × 570	
Weight	Net		kg	12.4	12.4	
	Shipping		kg	15.6	15.6	
Heat Exchanger	Rows x Columns x FPI			(2 x 8 x 18) x 1	(2 x 8 x 18) x 1	
	Face Area		m ²	0.22	0.22	
Fan Type				3D Turbo Fan	3D Turbo Fan	
Air Flow Rate		H / M / L	m ³ /min	8.5 / 7.0 / 6.0	9.5 / 8.0 / 7.0	
Fan Motor	Type			BLDC	BLDC	
	Drive			Internal	Internal	
	Output		W x No.	43 x 1	43 x 1	
Safety Device				Fuse / Thermal Protector for Fan Motor		
Piping Connections	Liquid Side		mm (inch)	Ø 6.35 (1/4)	Ø 6.35 (1/4)	
	Gas Side		mm (inch)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)	
	Drain Pipe	O.D. / I.D.	mm	Ø 32.0 / 25.0	Ø 32.0 / 25.0	
Sound Pressure Level	Cooling	H / M / L	dB(A)	36 / 33 / 30	38 / 35 / 32	
	Heating	H / M / L	dB(A)	36 / 33 / 30	38 / 35 / 32	
Sound Power Level	Cooling	Rated	dB(A)	52	52	
	Heating	Rated	dB(A)	-	-	
Power and Communication Cable (included Earth)			No. x mm ²	4C x 0.75	4C x 0.75	
Decoration Panel	Model Name			PT-QAGW0	PT-QAGW0	
	Color (RAL)			White (9003)	White (9003)	
	Dimensions	W x H x D	mm	620 × 35 × 620	620 × 35 × 620	
	Net Weight			kg	2.85	2.85
	Shipping Weight			kg	3.90	3.90

➤ Bomba de Calor

MONOBLOC

HM051M.U43
HM071M.U43
HM091M.U43



Seasonal Energy

Description		Unit	HM051M.U43	HM071M.U43	HM091M.U43	
Space Heating (According to EN14825)	Average Climate water outlet 35°C	SCOP	4.45	4.45	4.45	
		Rated heat output (Prated)	6	6	6	
		Seasonal space heating efficiency (η _s)	%	175	175	175
		Seasonal space heating eff. Class		A+++ ¹⁾	A+++ ¹⁾	A+++ ¹⁾
		Annual energy consumption	kWh	2,551	2,668	2,784
	Average Climate water outlet 55°C	SCOP	3.12	3.12	3.12	
		Rated heat output (Prated)	6	6	6	
		Seasonal space heating efficiency (η _s)	%	122	122	122
		Seasonal space heating eff. Class		A+	A+	A+
		Annual energy consumption	kWh	3,638	3,638	3,638

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

FEATURE	VALUE	UNIT
Acoustics		
LwO (A-weighted sound power level of the unit)	60	dB(A)
A35/W12-7		
Dpc Indoor (Indoor side water pressure drop)	10	kPa
EER (Energy Efficiency Ratio)	2.6	
Pc (Cooling capacity)	9	kW
Pec (Electric power input of the unit)	3.46	kW
SEER		
SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)	4	
η _{SC} (Seasonal space cooling energy efficiency)	157	%
A35/W23-18		
Dpc Indoor (Indoor side water pressure drop)	10	kPa
EER (Energy Efficiency Ratio)	4.2	
Pc (Cooling capacity)	9	kW
Pec (Electric power input of the unit)	2.14	kW
A7/W30-35		
Ph (Heating capacity)	9	kW
Peh (Electric power input of the unit)	2.15	kW
COP (Coefficient of Performance)	4.18	
Dph Indoor (Indoor side water pressure drop)	10	kPa
A7/W47-55		
Ph (Heating capacity)	5.5	kW
Peh (Electric power input of the unit)	2.04	kW
COP (Coefficient of Performance)	2.7	
Dph Indoor (Indoor side water pressure drop)	10	kPa
P_{sb}c		
P _{sb} c (Standby mode power input in cooling)	30	W
P_{sb}h		
P _{sb} h (Standby mode power input in heating)	30	W
P_{off}c		

Sistemas de Ventilação

➤ **UTAN**



EVAC - EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO S.A.

DE	EVAC - Sílvia Oliveira	MODELO	UTA-RP 50 plus 50
OBRA	Garland Valadares - MP0263	REF.	UTAN1 (V2)

1. Implementação da diretiva 2009/125/EC - Regulamento 1253/2014 (requisitos Ecodesign)

	Insuflação	Extracção	NRVU - BVU
Sist. transmissão de várias vel. ou velocidade variável			
Potência eléctrica absorvida	Pel abs 1,7	1,42	kW
Rendimento estático global - grupo ventilador	η_{sys} 64,3	64,7	%
Perda de carga interna - ecodesign	ΔP 126	132	Pa
Specific Fan Power - ecodesign	SFP _{int.} 400		J/m ³
Specific Fan Power máximo - ecodesign	SFP _{int.máx.} 907		J/m ³
Taxa máxima de fuga externa -400 Pa	(o) 1,2		%
Taxa máxima de fuga externa +400 Pa	(o) 1,7		%
Consumo energético anual dos filtros (Base cálculo documento 4/20 EUROVENT)	(p) 3283		kW.h
SRC com mecanismo de derivação térmica		✓	
Eficiência térmica (Eficiência térmica mínima 73%)	η_{t_nrvu} 76		%

A unidade está em conformidade com o regulamento, parâmetros 2018.

2. Especificações Construtivas

Estrutura de 50 em alumínio tratado. Calhas interiores em Aluzinc/Epoxy. Painéis de dupla chapa com isolamento de poliuretano com densidade 44 kg/m³.
Chapa exterior em aço galvanizado plastificada de cor cinza.
Chapa interior em Aluzinc (AZ185)
Unidade para montagem à intempérie

Tendo em consideração as recomendações da norma: EN 13053
Classificação segundo a Norma EN 1886:2007: D1(M) / L1(M) / G1-F9 / T3 / TB3

3. Especificações Gerais

	Insuflação	Extracção	Ar novo	
Caudal Ar	6.785	6.785	6.785	Nm ³ /h
Densidade: 1,204 kg/m ³	6.269	6.269	2.269	kg/s
Pressão estática requerida	300	300		Pa
Condições do ar - Inverno / Verão				
Temperatura bolbo seco			20 / 24	°C
Humidade relativa			50 / 50 / 90 / 33	%

12. Secção térmica - Recuperação de calor

Permutador de placas alhetas em alumínio com revestimento Epoxy e estrutura pintada - H31000/2/3.1 - 2254
Tabuleiro de recolha de condensados em aço inox 304L.
By-pass Térmico

	Inverno		Verão		
	Extracção	Insuflação	Extracção	Insuflação	
Caudal Ar	6.785	6.785	6.785	6.785	m ³ /h
Perda Carga (real)	98	82	93	97	Pa
Perda Carga (densidade padrão)	98	91	91	91	Pa
Temperatura bolbo seco / Humidade relativa - Entrada	20 / 50	0,1 / 90	24 / 50	32 / 33	°C / %
Temperatura bolbo seco / Humidade relativa - Saída	7,2 / 95	16,1 / 30	30,1 / 35	25,9 / 47	°C / %
Potência sensível	29,3	36,7	14,1	14,1	kW
Potência total	36,7	36,7	14,1	14,1	kW
Rendimento térmico	64	81	76	76	%
Temperatura de condensação	9,3		13,9		°C
Condensados	10,2		0		L/h

➤ Ventilador de Extração



NEOSILENT 125



Ventiladores em linha para condutas de baixo nível sonoro, com rolamentos de esferas de longa duração

Ventilador:

- Envolvente em chapa de aço.
- Isolado térmica e acusticamente com lã de rocha.
- Envolvente interior perfurada para facilitar a absorção do ruído.
- Caixa de bornes externa.
- Instalação rápida e simples.

Motor:

- Motores com rolamentos de esferas de Longa Duração. Proteção IPX4. De duas velocidades.
- Monofásico 220-240 V 50/60 Hz.
- Temperatura de trabalho: -10 °C +60 °C.

Acabamento:

- Resistente à corrosão em revestimento polimérico de cor cinza.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m ³ /h)	340
Velocidade (rpm)	2310
Pressão estática máxima (Pa)	146,8
Pressão total máxima (Pa)	146,8

ERP

Observações	Excluído da ErP. Pe < 125 W
-------------	-----------------------------

DADOS DO MOTOR

Potência Eléctrica Máx. (kW)	0,03
Hz/fases	50/1
Motor (rpm)	2310
Corrente máx. (A) 230 V	0,13

Sistema AQS

➤ Hidro Kit

Model			Unit	ARNH04GK3A4	ARNH08GK3A4
Capacity (Rated)	Heating		kW	13.8	25.2
			kcal/h	11,870	21,700
			Btu/h	47,000	86,000
Input (Rated)	Heating		kW	2.30	5.00
Casing	Material		-	Painted Steel Plate	Painted Steel Plate
	Color (RAL code)		-	RAL 7030	
Dimensions	Net	Body(W x H x D)	mm	520 x1,074 x 330	520 x1,074 x 330
			inch	20-15/32 x 42-9/32 x 13	20-15/32 x 42-9/32 x 13
Weight	Net	Body	kg (lbs)	86.0(189.6)	90.0(198.4)
Heat Exchanger	Refrigerant to Refrigerant	Type	-	Brazed Plate HEX	Brazed Plate HEX
		Quantity	EA	1	1
		Number of Plate	EA	50	60
	Refrigerant to Water	Type	-	Brazed Plate HEX	Brazed Plate HEX
		Quantity	EA	1	1
		Number of Plate	EA	76	48
		Rated Water Flow	l / min	19.8	36
Head Loss	kPa	5	20		
Compressor	Type	-	Twin Rotary inverter	Twin Rotary inverter	
	Piston Displacement	cm ² /rev	52.5	52.5	
	Number of Revolution	rev/min	3,600	3,600	
	Motor Output x Number	W x No.	4,000 x 1	4,000 x 1	
	Starting Method	-	Direct On Line	Direct On Line	
	Oil Type	-	FVC68D(PVE)	FVC68D(PVE)	
	Oil Charge	cc	1,300	1,300	
Temperature Control		-	Microprocessor, Thermostat for heating		
Water Tank Temperature Sensor	Type(Sensor Holder)	inch	Male PT 1/2		
	Length	m	1.2		
Sound Absorbing Thermal Insulation Material		-	Foamed polystyrene		
Safety Device		-	Fuse, High Pressure Switch		
Piping Connections	Water Side	Inlet	inch	Male PT1	Male PT 1
		Outlet	inch	Male PT1	Male PT 1
	Refrigerant Side	Liquid	mm(inch)	Ø 9.52(3/8)	Ø 9.52(3/8)
		Gas	mm(inch)	Ø 15.88(5/8)	Ø 19.05(3/4)
Drain Piping Connection		inch	Male PT1	Male PT 1	
Sound Pressure Level	Cooling		dB(A)	-	-
	Heating		dB(A)	44	46
Transmission cable		No. x mm ²	2C x 1.0~1.5	2C x 1.0~1.5	
Refrigerant	Refrigerant to Refrigerant	Refrigerant name	-	R410A	R410A
		Control	-	Electronic Expansion Valve	
	Refrigerant to Water	Refrigerant name	-	R134a	R134a
		Precharged Amount	kg (lbs)	2.3 (5.1)	3.0 (6.6)
		Additional Refrigerant Charge Amount	kg (lbs)	0.8 (1.8)	1.0 (2.2)
		t-CO ₂ eq	-	3.29	4.29
Control	-	Electronic Expansion Valve			
Power Supply		V, Ø, Hz	220-230-240, 1, 50/60	220-230-240, 1, 50/60	
Running Current	Heating	A	10.56 - 10.10 - 9.68	23.00 - 22.00 - 21.08	
Note					

Meios de Elevação

➤ Elevador

GRUPNOR - ELEVADORES DE PORTUGAL LDA



DESEMPENHO ENERGÉTICO DE ASCENSORES

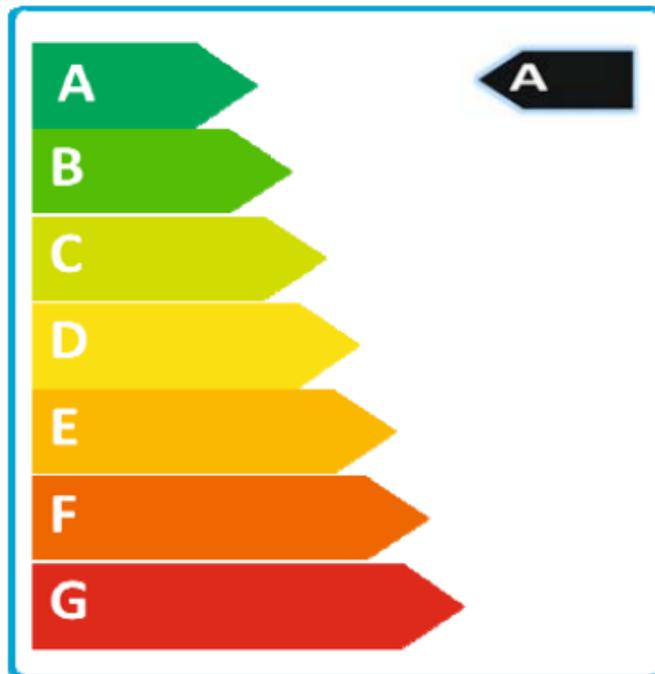
De acordo com a norma ISO 25745

Fabricante: GRUPNOR	
Modelo: MRL Cons. 1:1	
Local da Instalação: Gulpilhares - Valadares - Vila Nova de Gaia	
Tipo: Elétrico de tração	
Carga Nominal [kg]: 630	Velocidade Nominal [m/s]: 1
Curso [m]: 8	Número de Pisos: 3
Nº de dias de uso por ano: 365	Categoria de uso: 2
Nº Viagens diárias: 125	Contrapeso [%]: 50

Classe de Eficiência Energética:	A
Desempenho em viagem:	3
Desempenho em Standby:	1

Consumo anual de energia estimada [kWh]: 460

Energia específica para o ciclo médio [mWh/kg.m]: 1,23



ANEXOS

Anexo A REQUISITOS PARA A SDM DOS EDIFÍCIOS

➤ Edifício Previsto

Tabela 46 - Requisitos para a simulação dinâmica multizona do edifício previsto

Elemento	Condições a respeitar
Ocupação	<ul style="list-style-type: none">➤ Por norma deve-se considerar a densidade de ocupação dos espaços e o perfil de horário reais ou previstos;➤ No caso de haver falta de informação deve-se aceder ao “Anexo VII – Perfis por defeito” do Manual SCE.
Condições Interiores	<ul style="list-style-type: none">➤ Considerar uma temperatura interior compreendida no intervalo de 20°C a 25°C, inclusive, ou, no caso de um edifício híbrido ou passivo, compreendida no intervalo 19°C a 27°C, inclusive;➤ Com exceção, edifícios que desenvolvam no seu interior atividades específicas que obriguem a temperaturas que não se encontram nestes intervalos. É o caso das piscinas interiores aquecidas, que neste caso considera-se as temperaturas reais para a atividade em causa;➤ No caso de ser uma piscina interior aquecida sem funcionamento, a temperatura de ar é igual a 30°C e uma humidade relativa de 60%.
Dados Climáticos	<ul style="list-style-type: none">➤ Para o cálculo da zona climática deve-se utilizar os dados da secção 5.3 do Manual SCE;
Condições Fronteira	<ul style="list-style-type: none">➤ As condições de fronteira para o caso de estudo devem ter em conta a secção 6.3 do Manual SCE;
Zonamento	<ul style="list-style-type: none">➤ Para o caso de SDM, representa-se cada uma das zonas térmicas que constituem o edifício, tendo em consideração as características de ocupação dos espaços, a orientação destes, os sistemas técnicos instalados, entre outros;➤ Para cada uma destas simulações recorre-se à secção 6.5 do Manual SCE.
Volumetria	<ul style="list-style-type: none">➤ O levantamento dimensional do edifício em estudo deve seguir as regras que se encontram presentes na secção 6.6 do Manual SCE.

Elemento	Condições a respeitar
<p>Envolvente Opaca</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar os coeficientes de redução e a absorptância solar conforme as subsecções 6.3.1 e 7.1.1, do Manual SCE, respetivamente; ➤ O levantamento dimensional deve ser conforme o requisito da volumetria; ➤ Para elementos da envolvente opaca que estejam em contacto com o solo, os coeficientes de transmissão térmica são determinados conforme a secção 7.2, do Manual SCE. Neste tipo de elementos deve-se ter em conta as condições de fronteira exterior, não contabilizando ganhos solares e o efeito da ação do vento ou, alternativamente, outro método equivalente; ➤ Na SDM, considerar materiais de construção ou características térmicas das soluções construtivas e a inércia térmica ou propriedades dos materiais conforme o capítulo 7 e a secção 7.5, do Manual SCE, respetivamente.
<p>Pontes Térmicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar as PTL conforme secção 7.4 do Manual SCE ou através da majoração global, em 5%, das necessidades de aquecimento do edifício; ➤ Para as PTP ter em consideração a informação presente no capítulo 7 do Manual SCE.
<p>Envolvente Envidraçada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Os coeficientes de transmissão térmica da envolvente envidraçada devem ser determinados conforme a secção 8.1, sendo que, em espaços com dormida e com dispositivos de proteção solar móveis, assume-se um valor de U_{WDN}; ➤ Através das secções 8.2 e 8.3 do Manual SCE pode-se determinar tanto as frações envidraçadas como os fatores solares, respetivamente; ➤ Considerar os fatores de obstrução, conforme secção 8.4 ou modelar os elementos de sombreamento. ➤ Caso existam dispositivos de proteção solar móveis, considera-se: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ou, utilização dos mesmos sempre que a radiação solar incidente na fachada exceder os 300 W/m²; 2. Ou, que os mesmos estejam ativos 60% da área do vão envidraçado; 3. Ou, outro método equivalente; ➤ O levantamento dimensional deve ser conforme o requisito da volumetria;

Elemento	Condições a respeitar
Ventilação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para espaços ventilados através de meios naturais, o caudal de ar novo deve ser determinado pelo método prescritivo sem ter em consideração a eficácia de remoção de poluentes, conforme a alínea a) da subsecção 9.2.2.1, do Manual SCE; ➤ No caso de espaços ventilados através de sistemas mecânicos considerar os caudais de ar efetivamente introduzidos nos espaços, tendo em conta a eficácia de remoção de poluentes. ➤ Para as características dos equipamentos de insuflação e de extração deve-se recorrer ao Manual SCE, capítulo 9; ➤ Para espaços úteis, os sistemas de ventilação têm de apresentar um perfil horário em funcionamento contínuo, sempre que os espaços se encontram ocupados. ➤ No caso de espaços não úteis, os sistemas de ventilação têm de apresentar um perfil horário real ou previsto, para uma semana tipo; ➤ Para espaços com requisitos de ventilação mínima obrigatória, por razões de saúde ou segurança, deve ser considerado um perfil em funcionamento permanente.
Climatização	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para os sistemas de climatização considera-se as características conforme a secção 10 do Manual SCE; ➤ Para espaços que se encontrarem ocupados deve-se considerar um perfil horário em funcionamento contínuo; ➤ Em espaços que apresentam ausência destes sistemas de aquecimento ou arrefecimento, considerar o sistema por defeito (chiller bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar com COP de 3,0 e EER de 2,9, sem contabilizar a componente renovável aerotérmica).
AQS e AQP	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para os sistemas de AQS e AQP considera-se as características conforme a secção 10 do Manual SCE; ➤ Considerar o consumo anual de AQ; ➤ Para piscinas interiores aquecidas, em funcionamento, a temperatura real e, sem funcionamento, uma temperatura de água de 28°C.
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A densidade de potência de iluminação instalada ou a instalar deve estar conforme a secção 11.4, do Manual SCE, para a iluminação interior e para a iluminação exterior considera-se a potência e o número de horas de funcionamento anuais; ➤ Para sistemas de iluminação interiores, o perfil de horário é o real ou previsto, para uma semana tipo, ou no caso de edifícios que não se conheça a sua utilização ou que se encontrem sem funcionamento,

Elemento	Condições a respeitar
	considera-se o perfil constante no “Anexo VII – Perfis por defeito” do Manual SCE.
Instalações de Elevação	➤ O consumo de energia para instalações de elevação devem ser conforme o capítulo 12 do Manual SCE.
Outros Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A densidade de potência dos equipamentos deve ter em conta a informação do capítulo 13 do Manual SCE; ➤ Por norma deve-se considerar o perfil de horário real ou prevista; ➤ No caso de haver falta de informação deve-se aceder ao “Anexo VII – Perfis por defeito” do Manual SCE.

➤ **Edifício Referência**

Tabela 47 - Requisitos para a simulação dinâmica multizona do edifício referência

Elemento	Condições a respeitar
Condições Interiores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar uma temperatura interior compreendida no intervalo de 20°C a 25°C, inclusive, para edifícios híbridos ou passivos; ➤ Com exceção, edifícios que desenvolvam no seu interior atividades específicas que obriguem a temperaturas que não se encontram nestes intervalos. É o caso das piscinas interiores aquecidas, que neste caso considera-se as temperaturas reais para a atividade em causa.
Envolvente Opaca	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar os coeficientes de transmissão térmica de referência (U_{ref}) constantes de acordo com a tabela 103 do Manual SCE, através da alteração da espessura de isolamento previsto na solução construtiva, sendo que, caso não haja isolamento previsto, a solução de referência deve considerar a aplicação desse isolamento ou uma outra solução construtiva, desde que a inércia se mantenha constante; ➤ Para a fachada deve-se considerar uma absortância solar (α_{sol}) igual a 0,4.
Pontes Térmicas	➤ Os U_{ref} , devem ser conforme o requisito da envolvente opaca;

Elemento	Condições a respeitar
<p>Envolvente Envidraçada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar os U_{ref} constantes de acordo com a tabela 103 do Manual SCE; ➤ Sempre que o rácio entre a área dos envidraçados e a da envolvente opaca, onde estes se inserem, for superior a 30% então, deve-se alterar a área dos vão envidraçados de forma a tornar esta condição falsa; ➤ Considerar o fator solar de referência (g_{totref}) constantes de acordo com a tabela 104 do Manual SCE; ➤ Eliminar qualquer tipo de dispositivos de proteção solar, móveis ou fixos, e elementos de sombreamento do tipo pala horizontal ou vertical; ➤ Eliminar qualquer vão envidraçado horizontal (claraboia) existente ou prevista e desta forma assumir esta área como parte da envolvente opaca.
<p>Ventilação</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para edifícios de referência, o caudal de ar novo deve ser determinado pelo método prescritivo, tendo em conta a eficácia de remoção de poluentes de 0,8, conforme a alínea a) da subsecção 9.2.2.1, do Manual SCE; ➤ Para ventiladores de insuflação e de extração associados a espaços úteis, em que as suas potências são iguais ou superiores a 750w, no edifício previsto, deve-se considerar a potência que é calculada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e uma potência específica (SFP) de 1250 W/(m³/s); ➤ Quando existem espaços em que predominam materiais de baixa emissão de poluentes (75%), é considerado um caudal de ar novo correspondente à situação do edifício sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos; ➤ Eliminar todos os sistemas de arrefecimento gratuito, de recuperação de calor, de caudal variável ou outras soluções de eficiência energética na ventilação; ➤ Para espaços com requisitos de ventilação mínima obrigatória, por razões de saúde ou segurança, deve ser considerar um caudal igual ao utilizado no edifício previsto.
<p>Climatização</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para sistemas de climatização do edifício de referência deve-se ter em consideração os sistemas existentes no edifício previsto e do respetivo uso e alterar as devidas características de acordo com a tabela 105 do Manual SCE; ➤ Eliminar todos os sistemas de arrefecimento gratuito, de recuperação de calor, de caudal variável ou outras soluções de eficiência energética na climatização;

Elemento	Condições a respeitar
AQS e AQP	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para sistemas de AQS e AQP do edifício de referência deve-se ter em consideração os sistemas existentes no edifício previsto e do respetivo uso e alterar as devidas características de acordo com a tabela 105 do Manual SCE; ➤ Eliminar todos os sistemas de recuperação de calor, de caudal variável ou outras soluções de eficiência energética na AQS e AQP.
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Em edifícios de referência, a densidade de potência de iluminação é obtida para o valor de $DPI_{100\text{ lx,máx}}$, nos termos do disposto na portaria prevista no nº12 do artigo 6º do Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro; ➤ A iluminância média requerida no espaço ($\bar{E}_{m\text{ req}}$), é conforme o “Anexo IV – valores de iluminância” do Manual SCE, excluindo os sistemas de controlo por ocupação ou por disponibilidade de luz natural; ➤ Eliminar os sistemas de controlo de iluminação de acordo com a ocupação, da existência de luz natural ou outras soluções de eficiência energética;
Energias Renováveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eliminar todos os contributos renováveis existentes ou previstos.

Anexo B TIPOLOGIA DOS ESPAÇOS

Tabela 48 - Tipologia dos espaços em edifícios de comércio e serviço [67]

Designação	Tipo de Espaço
Armazéns com ocupação permanente	Espaço interior útil
Balneários	Espaço interior útil
Bancadas (audiência)	Espaço interior útil
Bar	Espaço interior útil
Bibliotecas (salas de leitura)	Espaço interior útil
Cabeleireiros e centros de estética	Espaço interior útil
Cafés e pastelarias	Espaço interior útil
Celas	Espaço interior útil
Clubes desportivos e ginásios	Espaço interior útil
Corredores, caixas de escadas e elevadores	Espaço interior útil
Corredores, caixas de escadas e elevadores (em funcionamento 24h/dia)	Espaço interior útil
Cozinhas	Espaço interior útil
Enfermarias, internamento e quartos de clínicas e hospitais	Espaço interior útil
Escritórios	Espaço interior útil
Espaços fabris, oficinas e similares com ocupação permanente	Espaço interior útil
Estacionamentos interiores climatizados	Espaço interior útil
Hall e receções	Espaço interior útil
Hall e receções (em funcionamento 24h/dia)	Espaço interior útil
Instalações sanitárias	Espaço interior útil
Instalações sanitárias (em funcionamento 24h/dia)	Espaço interior útil
Laboratórios	Espaço interior útil
Lavandarias	Espaço interior útil
Lojas de comércio e serviços	Espaço interior útil
Nave de pavilhão desportivo	Espaço interior útil
Piscinas	Espaço interior útil

Designação	Tipo de Espaço
Pistas de dança	Espaço interior útil
Quartos, dormitórios e similares	Espaço interior útil
Salas multiusos (lares ou escolas)	Espaço interior útil
Salas de aulas	Espaço interior útil
Salas de cinema	Espaço interior útil
Salas de conferências, auditórios e similares	Espaço interior útil
Salas de espetáculos	Espaço interior útil
Salas de exames, salas de consultas, salas de tratamentos, blocos operatórios, salas de pré e pós-operatório e similares	Espaço interior útil
Salas de exposição (museus e galerias)	Espaço interior útil
Salas de jardim de infância, pré-escolar e creches	Espaço interior útil
Salas de jogos, bingos e clubes sociais	Espaço interior útil
Salas de refeição (exceto restaurantes)	Espaço interior útil
Salas de refeição (restaurantes)	Espaço interior útil
Salas de repouso e salas de espera	Espaço interior útil
Salas de reuniões	Espaço interior útil
Spa	Espaço interior útil
Supermercado e hipermercado	Espaço interior útil
Venda a grosso e retalho	Espaço interior útil
Armazéns sem ocupação permanente	Espaço interior não útil
Câmaras de congelação e refrigeração	Espaço interior não útil
Casa das máquinas	Espaço interior não útil
Garagem	Espaço interior não útil
Sala de servidores	Espaço interior não útil
Zona técnica	Espaço interior não útil
Solário, jardim de inverno e marquise	Espaço interior não útil
Desvão de cobertura e desvão sanitário	Espaço interior não útil

Caso os espaços existentes não se encontrem caracterizados na tabela anterior, então tem-se em conta as seguintes situações particulares:

Tabela 49 - Tipologia dos espaços para situações particulares

Tipo A	Tipo B
<ul style="list-style-type: none">➤ Ocupação permanente (ocupação no mínimo de 2h por dia durante o horário de funcionamento do espaço);➤ Densidade ocupacional > 0,025 ocupantes / m²;	<ul style="list-style-type: none">➤ Instalações sanitárias com acesso exclusivo pelo exterior ou por outro espaço do tipo B;➤ Escadas/circulações interiores que unam espaços tipo A a espaços tipo B, desde que separados por portas;➤ Quando contém um espaço de ar, no sentido do fluxo de calor, com uma dimensão > 30 cm;

Anexo C COEFICIENTE DE REDUÇÃO

O valor do b_{ztu} pode ser calculado através da seguinte equação, relaciona as temperaturas do espaço interior útil, do espaço interior não útil e do exterior.

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (12)$$

Em que:

θ_{int} – Temperatura do interior [°C];

θ_{enu} – Temperatura dos espaços interiores não úteis [°C];

θ_{ext} – Temperatura do exterior [°C].

No numerador está presente a diferença de temperaturas do ar interior com a do espaço interior não útil e no denominador a diferença de temperaturas do interior e exterior.

Quando não existe possibilidade de conhecer com precisão as temperaturas dos espaços interiores não úteis, então b_{ztu} deve ser calculado através da Tabela 50:

Tabela 50 - Coeficiente de Redução

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

O volume dos espaços interiores não úteis (V_{enu}) pode ser calculado através da seguinte equação:

$$V_{enu} = \text{Área de pavimento} \times \text{pé} - \text{direito} \quad (13)$$

Assim o valor de b_{ztu} de cada espaço pode ser calculado através do volume [V_{enu}], da soma das áreas dos elementos que separam o próprio espaço não útil dos espaços úteis [A_i] e da soma das áreas dos elementos que separam o respetivo espaço não útil do exterior [A_u].

Na Tabela 51 está presente todo o raciocínio aplicado no cálculo do coeficiente de redução dos 28 espaços interiores não úteis.

Tabela 51 - Metodologia de cálculo do coeficiente de redução

ENU	A_i (m ²)	A_u (m ²)	V_{enu} (m ³)	A_i/A_u	f	F	b_{ztu}
001 Pavilhão BB	211,27	15165,92	488535	0	x		0,9
002 Zona Técnica BB	27,51	0	24,60	$+\infty$	x		0,3
401 Corete BB	2,38	4,96	1,75	0,5	x		0,7
402 Corete BB	10,23	0	7,18	$+\infty$	x		0,3
403 Corete BB	7,43	2,02	1,56	3,7	x		0,4
404 Corete BB	7,46	0	1,84	$+\infty$	x		0,3
405 Corete BB	4,69	4,69	1,47	1	x		0,6
406 Corete BB	7,33	1,96	1,86	3,7	x		0,4
407 Corete BB	5,90	5,87	2,43	1	x		0,6
408 Corete BB	5,79	5,79	2,36	1	x		0,6
501 Corete BB	5,88	2,38	2,38	2,5	x		0,4
502 Corete BB	6,31	0	2,70	$+\infty$	x		0,3
503 Corete BB	12,52	2,02	3,03	6,2	x		0,3
504 Corete BB	14,86	0	5,95	$+\infty$	x		0,3
505 Corete BB	24,70	0	4,50	$+\infty$	x		0,3
506 Corete BB	11,35	2,95	3,54	3,8	x		0,4
507 Corete BB	7,34	1,96	1,86	3,7	x		0,4
508 Corete BB	5,87	5,87	2,42	1,0	x		0,6
509 Corete BB	5,79	5,79	2,36	1,0	x		0,6
601 Corete BB	6,39	2,59	2,59	2,5	x		0,4
602 Corete BB	6,85	0	2,93	$+\infty$	x		0,3
603 Corete BB	11,02	5,70	3,99	1,9	x		0,6
604 Corete BB	6,46	0	1,33	$+\infty$	x		0,3
605 Corete BB	34,83	0	7,55	$+\infty$	x		0,3
606 Corete BB	7,76	3,20	1,92	2,4	x		0,4
607 Corete BB	7,96	2,13	2,02	3,7	x		0,4
608 Corete BB	6,37	6,37	2,62	1	x		0,6

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação *BREEAM*

ENU	A _i (m ²)	A _u (m ²)	V _{enu} (m ³)	A _i /A _u	f	F	b _{ztu}
609 Corete BB	6,29	6,29	2,56	1	x		0,6

Anexo D CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE OPACA E CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

Tabela 52 - Determinação do U das paredes exteriores da zona administrativa

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)																																																				
			Solução	Máx. Regulamentar																																																			
PDEO1	<p>Parede exterior PDEO1 (cor ext. média, zona administrativa – generalidade do edifício administrativo), composta por (do exterior para o interior); 0,16 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e uma massa volúmica de 2300 kg/m³; 0,05 m de lã de rocha (MW), com um coef. de cond. térmica de 0,04 W/m.°C e uma massa volúmica de 50 kg/m³; 0,025 m de placas de gesso cartonado, com um coef. de cond. térmica de 0,25 W/m.°C e uma massa volúmica de 750 kg/m³.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,63 W/m².°C.</p>	247,61	0,63	0,70																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lista de materiais / resistências superficiais</th> <th>Δx (m)</th> <th>λ (W/m.°C)</th> <th>R (m².°C/W)</th> <th>r (kg/m³)</th> <th>M (kg/m²)</th> <th>Referências</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSE</td> <td></td> <td></td> <td>0,04</td> <td></td> <td></td> <td>ITE50, I.11</td> </tr> <tr> <td>Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%</td> <td>0,16</td> <td>2</td> <td>0,08</td> <td>2300</td> <td>368</td> <td>ITE50, I.5</td> </tr> <tr> <td>Lã de Rocha (MW)</td> <td>0,05</td> <td>0,04</td> <td>1,25</td> <td>50</td> <td>2,5</td> <td>ITE50, I.3</td> </tr> <tr> <td>Placas de gesso cartonado</td> <td>0,025</td> <td>0,25</td> <td>0,10</td> <td>750</td> <td>18,8</td> <td>ITE50, I.7</td> </tr> <tr> <td>RSI horizontal</td> <td></td> <td></td> <td>0,13</td> <td></td> <td></td> <td>ITE50, I.11</td> </tr> <tr> <td>Regulamentar?</td> <td>SIM</td> <td>U [W/m².°C]</td> <td>0,63</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências	RSE			0,04			ITE50, I.11	Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,16	2	0,08	2300	368	ITE50, I.5	Lã de Rocha (MW)	0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3	Placas de gesso cartonado	0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7	RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11	Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,63			
Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências																																																	
RSE			0,04			ITE50, I.11																																																	
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,16	2	0,08	2300	368	ITE50, I.5																																																	
Lã de Rocha (MW)	0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3																																																	
Placas de gesso cartonado	0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7																																																	
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11																																																	
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,63																																																				
PDEO3	<p>Parede exterior PDEO3 (cor ext. média, zona administrativa – piso 3), composta por (do exterior para o interior); 0,2 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e uma massa volúmica de 2300 kg/m³; 0,05 m de betão normal, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e uma massa volúmica de 2300 kg/m³;</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 3,39 W/m².°C.</p>	52,22	3,39	0,70																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lista de materiais / resistências superficiais</th> <th>Δx (m)</th> <th>λ (W/m.°C)</th> <th>R (m².°C/W)</th> <th>r (kg/m³)</th> <th>M (kg/m²)</th> <th>Referências</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSE</td> <td></td> <td></td> <td>0,04</td> <td></td> <td></td> <td>ITE50, I.11</td> </tr> </tbody> </table>							Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências	RSE			0,04			ITE50, I.11																																			
Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências																																																	
RSE			0,04			ITE50, I.11																																																	

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição				Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
				Solução		Máx. Regulamentar	
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,2	2	0,10	2300	460	ITE50, I.5	
Betão normal	0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5	
	RSI horizontal	0,13				ITE50, I.11	
Regulamentar?	NÃO	U [W/m ² .°C]	3,39				

Tabela 53 - Determinação do U da parede exterior da portaria

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
PDEO4	Parede exterior PDEO4 (cor ext. média, portaria), composta por (do exterior para o interior); 0,16 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e uma massa volúmica de 2300 kg/m ³ ; 0,008 m de caixa-de-ar de fluxo horizontal; 0,04 m de lâ de rocha (MW), com um coef. de cond. térmica de 0,04 W/m.°C e uma massa volúmica de 50 kg/m ³ ; 0,025 m de placas de gesso cartonado, com um coef. de cond. térmica de 0,25 W/m.°C e uma massa volúmica de 750 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,67 W/m ² .°C.	28,06	0,67	0,70

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,16	2	0,08	2300	368	ITE50, I.5
Caixa de ar Fluxo horizontal - Espessura = 10 mm	0,008	0	0,15	0	0	ITE50, I.11
Lã de Rocha (MW)	0,04	0,04	1,25	50	2	ITE50, I.3
Placas de gesso cartonado	0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
	RSI horizontal	0,13				ITE50, I.11
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,67			

Tabela 54 - Determinação do U das paredes exteriores do Armazém

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

PDEO6	Parede exterior PDEO6 (cor ext. média, armazém - armazém restante altura), composta por (do exterior para o interior); 0,05 m de Espuma rígida de poliisocianurato (PIR) - Pannel Sandwich Microperfilado, com um coef. de cond. térmica de 0,022 W/m.°C e uma massa volúmica de 40 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,41 W/m ² .°C.	9405,70	0,41	0,70
--------------	--	---------	------	------

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11
Espuma rígida de poliisocianurato (PIR) - Pannel Sandwich Microperfilado	0,05	0,022	2,27	40	2	Apêndice C
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	SIM	U [W/m ² .°C]	0,41			

PDEO7	Parede exterior PDEO7 (cor ext. média, armazém - armazém zona sem painel na fachada), composta por (do exterior para o interior); 0,11 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ ; 0,05 m de betão normal, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 4 W/m ² .°C.	1301,77	4	0,70
--------------	---	---------	---	------

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSE			0,04			ITE50, I.11
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,11	2	0,06	2300	253	ITE50, I.5
Betão normal	0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	NÃO	U [W/m ² .°C]	4,00			

Tabela 55 - Determinação do U da cobertura exterior da zona administrativa

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

CBEO1	Cobertura exterior CBEO1 (cor ext. média, zona administrativa), composta por (do exterior para o interior); 0,036 de betão normal, com um coef. de cond.	237,61	0,54	0,50
--------------	--	--------	------	------

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)				
			Solução	Máx. Regulamentar			
	térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ ; 0,002 de membranas flexíveis impregnadas com betume - telas de impermeabilização, com um coef. de cond. Térmica de 0,23 W/m.°C e massa volúmica de 1000 kg/m ³ ; 0,05 m de poliestireno expandido extrudido (XPS) - isolamento XPS, com um coef. de cond. térmica de 0,037 W/m.°C e massa volúmica de 35 kg/m ³ ; 0,1 m de argamassas e rebocos tradicionais - reboco, com um coef. de cond. térmica de 1,3 W/m.°C e massa volúmica de 1800 kg/m ³ ; 0,48 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,54 W/m ² .°C.						
Lista de materiais / resistências superficiais		Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
	RSE			0,04			ITE50, I.11
	Betão normal	0,036	2	0,02	2300	82,8	ITE50, I.5
	Membranas flexíveis impregnadas com betume – telas de impermeabilização	0,002	0,23	0,01	1000	2	ITE50, I.9
	Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) - isolamento XPS	0,06	0,037	1,35	35	1,8	ITE50, I.3
	Argamassas e rebocos tradicionais - reboco	0,1	1,3	0,08	1800	180	ITE50, I.7
	Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,48	2	0,24	2300	1104	ITE50, I.5
	RSI vertical ascendente			0,10			ITE50, I.11
Regulamentar?	SIM		U [W/m ² .°C]	0,48			

Tabela 56 - Determinação do U da cobertura exterior do armazém

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
CBE03	Cobertura exterior CBE03 (cor ext. média, armazém), composta por (do exterior para o interior); 0,002 m de membranas flexíveis impregnadas com betume - telas de impermeabilização, com um coef. de cond. térmica de 0,23 W/m.°C e massa volúmica de 1000 kg/m ³ ; 0,08 m de lã de rocha (MW), com um coef. de cond. térmica de 0,04 W/m.°C e massa volúmica de 35 a 100 kg/m ³ ; 0,007 m de ferro, com um coef. de cond. térmica de 72 W/m.°C e massa volúmica de 7870 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,47 W/m ² .°C.	33932,76	0,47	0,50

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)					
			Solução	Máx. Regulamentar				
Lista de materiais / resistências superficiais			Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
	RSE		0,04				ITE50, I.11	
	Membranas flexíveis impregnadas com betume – telas de impermeabilização		0,002	0,23	0,01	1000	2	ITE50, I.9
	Lã de Rocha (MW)		0,08	0,04	2	50	4	ITE50, I.3
	Ferro		0,007	72	0,0001	7870	55,1	ITE50, I.9
	RSI vertical ascendente		0,10				ITE50, I.11	
Regulamentar?	SIM		U [W/m ² .°C]		0,47			

Tabela 57 - Determinação do U das paredes interiores

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)					
			Solução	Máx. Regulamentar				
PDIO1	<p>Parede interior PDIO1 (zona administrativa - com armazém), composta por 0,05 m de betão normal, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m³; 0,11 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m³; 0,05 m de lã de rocha (MW), com um coef. de cond. térmica de 0,04 W/m.°C e massa volúmica de 50 kg/m³; 0,025 m de placas de gesso cartonado, com um coef. de cond. térmica de 0,25 W/m.°C e massa volúmica de 750 kg/m³.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,59 W/m².°C.</p>	211,27		0,59		0,70		
Lista de materiais / resistências superficiais			Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
	RSI horizontal		0,13				ITE50, I.11	
	Betão normal		0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5
	Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%		0,11	2	0,06	2300	253	ITE50, I.5
	Lã de Rocha (MW)		0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3
	Placas de gesso cartonado		0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
	RSI horizontal		0,13				ITE50, I.11	
Regulamentar?	SIM		U [W/m ² .°C]		0,58			

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

PDIO2	Parede interior PDIO2 (zona administrativa – separação com os coretes), composta por 0,05 m de lã de rocha (MW), com um coef. de cond. térmica de 0,04 W/m.°C e massa volúmica de 50 kg/m ³ ; 0,025 m de placas de gesso cartonado, com um coef. de cond. térmica de 0,25 W/m.°C e massa volúmica de 750 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,62 W/m ² .°C.	234,71	0,62	---
--------------	--	--------	------	-----

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Lã de Rocha (MW)	0,05	0,04	1,25	50	2,5	ITE50, I.3
Placas de gesso cartonado	0,025	0,25	0,10	750	18,8	ITE50, I.7
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	0,62			

PDIO4	Parede interior PDIO4 (zona administrativa – separação entre as escadas e os coretes), composta por 0,05 m de betão normal, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ ; 0,15 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ ; 0,05 m de betão normal, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 2,6 W/m ² .°C.	3,69	2,6	---
--------------	--	------	-----	-----

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Betão normal	0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,15	2	0,08	2300	345	ITE50, I.5
Betão normal	0,05	2	0,03	2300	115	ITE50, I.5
RSI horizontal			0,13			ITE50, I.11
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	2,60			

Tabela 58 - Determinação do U do pavimento interior

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
PVIO1	Pavimento interior PVIO1 (zona administrativa – com coretes e zonas técnicas), composto por 0,002 m de Linóleo na face superior, com um coef. de cond. térmica de 0,17 W/m.°C e massa volúmica de 1200 kg/m ³ ; 0,06 m de argamassa de regularização, com um coef. de cond. térmica de 1,3 W/m.°C e massa volúmica de 1800 kg/m ³ ; 0,01 m de Tela acústica Danosa Impactodan 10, com um coef. de cond. térmica de 0,038 W/m.°C e massa volúmica de 25 kg/m ³ , 0,48 m de Betão Armado, com um coef. de cond. térmica de 2,3 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ . O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 1,15 W/m ² .°C.	12,71	0,58	---

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI vertical descendente			0,17			ITE50, I.11
Linóleo	0,002	0,17	0,01	1200	2,4	ITE50, I.10
Argamassa de regularização	0,06	1,3	0,05	1800	108	ITE50, I.7Apêndice C
Tela acústica Danosa Impactodan 10	0,01	0,038	0,26	25	0,3	Apêndice c
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,48	2	0,15	2300	690	ITE50, I.5
RSI vertical descendente			0,17			ITE50, I.11
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	1,15			

Tabela 59 - Determinação do U do pavimento térreo da portaria

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar
PVTO2	Pavimento térreo PVTO2 (portaria), composto por 0,2 m de Areia, gravilha, seixo, brita (B) - camada de brita, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 1700 kg/m ³ ; 0,12 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m ³ ;	13,65	0,86	---

Análise dos Indicadores de Conforto Térmico e de Redução do Consumo de Energia e Emissões de CO₂, no Âmbito da Certificação BREEAM

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

0,03 de argamassas e reboco tradicional - reboco, com um coef. de cond. Térmica de 1,3 W/m.°C e massa volúmica de 1800 kg/m³; 0,002 m de linóleo, com um coef. de cond. térmica de 0,17 W/m.°C e massa volúmica de 1200 kg/m³.
O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,86 W/m².°C.

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI vertical descendente	0,17					ITE50, I.11
Areia, gravilha, seixo, brita (B) – camada de brita	0,2	2	0,10	1700	340	ITE50, I.9
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,12	2	0,06	2300	276	ITE50, I.5
Argamassas e rebocos tradicionais - reboco	0,03	1,3	0,02	1800	54	ITE50, I.7
Linóleo	0,002	0,17	0,01	1200	2,4	ITE50, I.10
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	0,86			

Tabela 60 - Determinação do U do pavimento térreo do armazém

Código	Descrição	Área (m ²)	Coeficiente de condutibilidade térmica U (W/m ² .°C)	
			Solução	Máx. Regulamentar

PVTO3 Pavimento térreo PVTO3 (armazém), composto por 0,2 m de Areia, gravilha, seixo, brita (B) - camada de brita, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 1700 kg/m³; 0,2 m de betão armado, com um coef. de cond. térmica de 2 W/m.°C e massa volúmica de 2300 kg/m³.
O valor do coeficiente de transmissão térmica U é de 0,25 W/m².°C.

Lista de materiais / resistências superficiais	Δx (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	r (kg/m ³)	M (kg/m ²)	Referências
RSI vertical descendente	0,17					ITE50, I.11
Areia, gravilha, seixo, brita (B) – camada de brita	0,2	2	0,10	1700	340	ITE50, I.9
Betão armado de inertes correntes - Percentagem de armadura inferior a 1%	0,2	2	0,10	2300	460	ITE50, I.5
Regulamentar?	---	U [W/m ² .°C]	0,25			

Anexo E CÁLCULOS DE VERIFICAÇÃO DO FATOR SOLAR DOS ENVIDRAÇADOS

Tabela 61 - Verificação do fator solar dos envidraçados escolhidos para a Garland

Identificação do Vão		Características		Fatores de Sombreamento				Verificação Regulamentar		
Designação	Código	g_{tot}	Orientação	F_o	$F_{f.direita}$	$F_{f.esquerda}$	F_f	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{totm\acute{a}x}$	Regulamentar?
VE01	VE01 ₁	0,18	Oeste	0,78	0,96	0,88	0,85	0,12	0,56	Sim
	VE01 ₂			1				0,15	0,56	Sim
	VE01 ₃			0,78	0,95	0,93	0,88	0,12	0,56	Sim
	VE01 ₄			1				0,16	0,56	Sim
	VE01 ₅		Este	0,81	0,95	0,88	0,84	0,12	0,56	Sim
VE02	VE02 ₁	0,35	Norte					---		Sem requisitos
	VE02 ₂		Nordeste					---		Sem requisitos
	VE02 ₃		Noroeste	1	1	1	1	0,35	0,56	Sem requisitos
	VE02 ₄		Sudeste	1	1	1	1	0,30	0,56	Sim
VE03	VE03 ₁	0,80	Sul	0,81	0,91	0,91	0,83	0,54	0,56	Sim
	VE03 ₂				0,87	0,87	0,76	0,49	0,56	Sim
VE04	VE04 ₁	0,35	Sul	1	1	1	1	0,35	0,56	Sim

Segundo o Regulamento:

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{totm\acute{a}x} \quad (14)$$

Em que:

F_o – Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado;

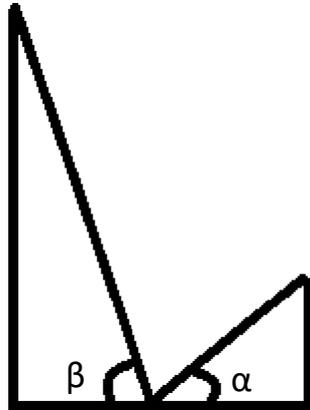
F_f – Fator de sombreamento por elementos opacos verticais sobrejacentes ao envidraçado.

$g_{totm\acute{a}x}$ - Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados;

g_{tot} – Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados.

O fator de sombreamento vertical pode ser dividido em esquerda $F_{fesquerda}$ e direita $F_{fdireita}$, que é o fator referente aos elementos opacos à esquerda e à direita respetivamente. Através do produto destes, obtém-se o F_f .

➤ VE01₁



$$\beta = 74^\circ \text{ e } \alpha = 44^\circ$$

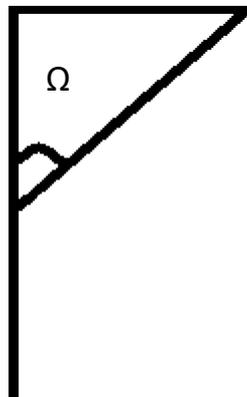
Pela tabela 57:

$$F_{\text{fesquerdo}} = 0,88$$

$$F_{\text{fdireito}} = 0,96$$

Então,

$$F_f = 0,88 \times 0,96 \\ = 0,85$$



$$\Omega = 39^\circ$$

Pela tabela 55:

$$F_{O_{30^\circ}} = 0,84$$

$$F_{O_{45^\circ}} = 0,74$$

Então, por uma

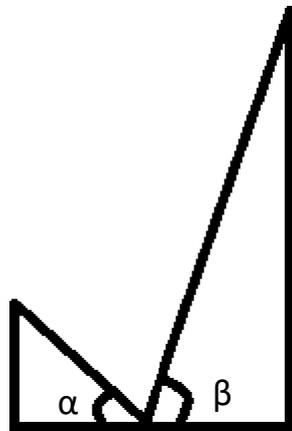
interpolação:

$$F_O = 0,78$$

➤ VE01₂

O fator de sombreamento dos elementos verticais do VE011 e do VE012 são iguais, então $F_f = 0,85$. Este não apresenta elementos horizontais que lhe façam sombreamento logo $F_O = 1$.

➤ **VE01₃**



$$\beta = 44^\circ \text{ e } \alpha = 74^\circ$$

Pela tabela 57:

$$F_{f\text{esquerdo}} = 0,93$$

$$F_{f\text{direito}} = 0,95$$

Então,

$$F_f = 0,88$$

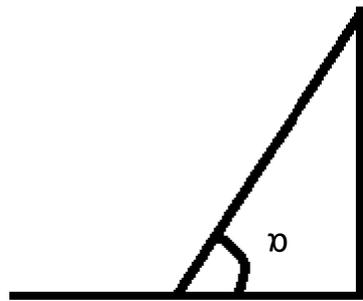
O fator de sombreamento horizontal do VE01₃ vai ser igual ao do VE01₁, pelo que $F_o = 0,78$.

➤ **VE01₄**

O fator de sombreamento dos elementos verticais do VE013 e do VE014 são iguais, então $F_f = 0,85$. Este não apresenta elementos horizontais que lhe façam sombreamento logo $F_o = 1$.

➤ **VE01₅**

O fator de sombreamento dos elementos verticais do VE013 e do VE014 são iguais, então $F_f = 0,85$. Este não apresenta elementos horizontais que lhe façam sombreamento logo $F_o = 1$.



$$\beta = \alpha = 80^\circ$$

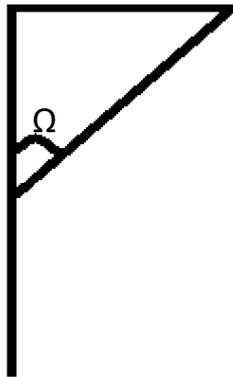
Pela tabela 57:

$$F_{f\text{esquerdo}} = 0,95$$

$$F_{f\text{direito}} = 0,88$$

Então,

$$F_f = 0,84$$



$$\Omega = 34^\circ$$

Pela tabela 55:

$$F_{O_{30^\circ}} = 0,84$$

$$F_{O_{45^\circ}} = 0,74$$

Então, por uma interpolação:

$$F_O = 0,81$$

➤ **VE02₃**

Este não apresenta nenhum elemento de sombreamento vertical ou horizontal, logo

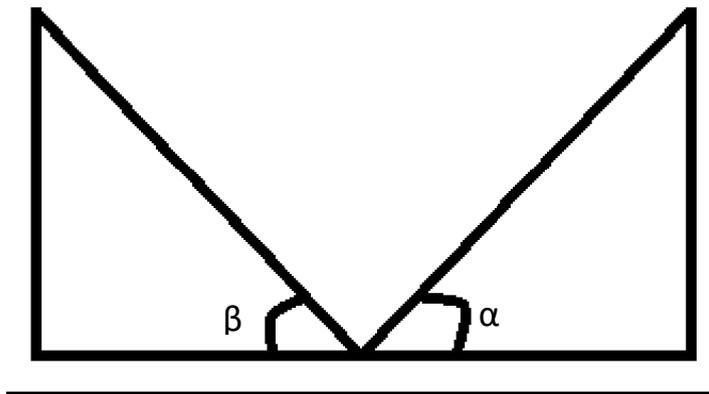
$$F_f = F_O = 1.$$

➤ **VE02₄**

Este não apresenta nenhum elemento de sombreamento vertical ou horizontal, logo

$$F_f = F_O = 1.$$

➤ **VE03₁**



$$\beta = \alpha = 30^\circ$$

Pela tabela 57:

$$F_{f\text{esquerdo}} = 0,91$$

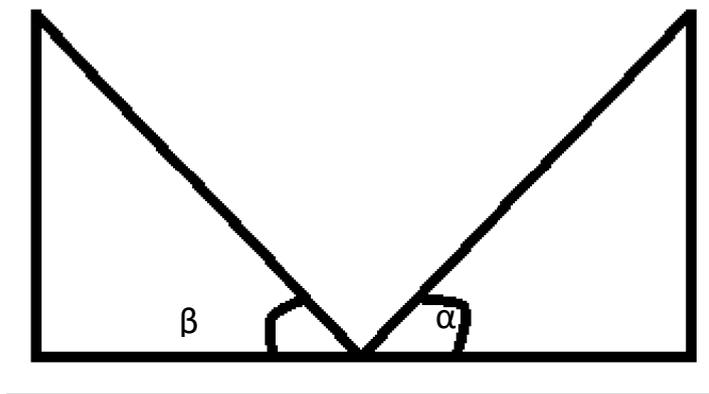
$$F_{f\text{direito}} = 0,91$$

Então,

$$F_f = 0,83$$

O fator de sombreamento horizontal do VE03₁ vai ser igual ao do VE01₅, pelo que $F_O = 0,81$.

➤ **VE03₂**



$$\beta = \alpha = 45^\circ$$

Pela tabela 57:

$$F_{f\text{esquerdo}} = 0,87$$

$$F_{f\text{direito}} = 0,87$$

Então,

$$F_f = 0,76$$

O fator de sombreamento horizontal do VE03₂ vai ser igual ao do VE01₅, pelo que $F_O = 0,81$.

➤ **VE04₁**

Este não apresenta nenhum elemento de sombreamento vertical ou horizontal, logo $F_f = F_O = 1$.

Anexo F CÁLCULOS DA INÉRCIA TÉRMICA

Tabela 62 - Método de cálculo da inércia térmica e das respetivas variáveis

	Área da superfície interior do elemento i (S _i) [m ²]	Massa Total [kg/m ²]	Massa Superficial Útil do Elemento (MSI) [kg/m ²]	Resistência Térmica do Elemento de Revestimento [M ² °C/W]	Fator de Redução da Massa Superficial Útil de um Elemento (r _i)	A.MSI.r [kg]	Área Útil do Pavimento (AP) [m ²]	Inércia Térmica (It) [kg/m ²]
PDE01	247,6	389,3	18,8	0,1	1,0	4655,12	37118	209,92
PDE02	9,0	391,3	18,8	0,1	1,0	168,67		
PDE03	52,2	575,0	150,0	0,0	1,0	7832,25		
PDE04	28,1	389,1	18,8	0,1	1,0	527,51		
PDE05	1242,3	370,0	150,0	0,1	1,0	186348,9		
PDE06	9405,7	2,0	2,0	2,3	0,0	0		
PDE07	1301,8	368,0	150,0	0,0	1,0	195266		
PDIO1	211,3	389,3	18,8	0,1	1,0	3971,88		
PDIO2	234,7	21,3	18,8	0,1	1,0	4412,49		
PDIO3	27,5	40,8	18,8	0,1	1,0	517,24		
PDIO4	3,7	575,0	150,0	0,0	1,0	553,20		
CBEO1	237,6	1370,6	150,0	0,2	0,5	17821,05		
CBEO2	13,7	514,9	18,8	0,1	1,0	256,64		
CBEO3	33932,8	61,1	55,1	0,0	1,0	1869695		
CBIO1	5,0	366,8	18,8	0,1	1,0	94,02		
PVIO1	12,7	805,6	150,0	1,2	0,0	0		
PVTO1	227,0	934,8	128,4	0,0	1,0	29150,01		
PVTO2	13,7	672,4	150,0	0,0	1,0	2047,65		
PVTO3	36457,8	800,0	150,0	0,1	1,0	5468675		

Anexo G CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO POR ESPAÇO

Espaços	Ar novo	Total de
	[m ³ /h]	Ar novo [m ³ /h]
001 Pavilhao BB	0	6785
002 Zona Técnica BB	0	
003 Acesso Func. AA	0	
004 Circulação AA	0	
005 Balneário F AA	810	
006 Gab. Médico AA	40	
007 Escadas AA	135	
008 Circulação AA	180	
009 S. Reunioes AA	0	
010 Elevador AA	0	
011 Circulação AA	0	
012 IS F AA	0	
013 IS M AA	0	
014 Motoristas AA	60	
015 Circulação AA	180	
016 IS Motoristas AA	0	
017 Open Space AA	370	
018 Gabinete AA	40	
019 Entrada AA	0	
101 Circulação AA	0	
102 Balneário M AA	1620	
103 Circulação AA	135	
104 Circulação AA	0	
105 IS F AA	0	
106 IS M AA	0	
107 Garland AA	240	
108 Administração AA	70	
201 Cantina AA	2400	
202 Espaço Lazer AA	190	
203 Circulação AA	135	
204 Circulação AA	0	
205 IS F AA	0	
206 IS M AA	0	
207 Decathlon AA	180	
801 Sala UPS Decathlon P3 AA	0	
701 Portaria AA	0	
702 IS AA	0	

Os caudais resultaram dos seguintes pressupostos de cálculo:

Compartimento	Ventilação
Refeitório	24 m ³ /h.pessoa
Corredores	3 m ³ /h. m ²
Instalações Sanitárias	45 m ³ /h por sanita e urinol ou 10 x área pavimento
Enfermaria	24 m ³ /h.pessoa
Open Spaces	24 m ³ /h.pessoa
Salas de Reunião	24 m ³ /h.pessoa
Vestiários	90 m ³ /h por duche ou 10 x área pavimento
Data Center	-
Gabinetes	24 m ³ /h.pessoa