



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rodrigo Nuno Carvalho

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramentas BIM



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rodrigo Nuno Carvalho

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramentas BIM

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Mecânica
Área de especialização em Tecnologias Energéticas e
Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do:
Professor Doutor Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas

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 conclusão desta dissertação marca o fim de uma etapa exigente e, ao mesmo tempo, enriquecedora, que não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de várias pessoas, a quem deixo o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, quero agradecer à STEG, empresa onde realizei o meu estágio curricular, pela oportunidade de integrar um ambiente profissional desafiante, que me permitiu aplicar e aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso académico. A todos os colaboradores, o meu reconhecimento pela disponibilidade e partilha de experiência ao longo das diferentes fases deste projeto.

Um agradecimento especial ao Engenheiro José Rodrigues, pela ajuda constante, pela paciência e pelos ensinamentos técnicos que tanto contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Deixo também um agradecimento particular ao meu orientador na empresa, Engenheiro Rui Pereira, pela orientação, pelos conselhos práticos e pelo acompanhamento durante todo o processo. Não posso deixar de agradecer ao meu orientador na universidade, o Professor Pedro Lobarinhas, pelo contributo prestado neste projeto e por ter despertado o meu interesse por esta área.

À minha família, que sempre esteve presente e foi o meu suporte incondicional ao longo desta caminhada, agradeço de coração pelo apoio e incentivo constantes.

E, por fim, mas não menos importante, um especial obrigado à minha namorada, pela paciência, compreensão e carinho que demonstrou durante esta fase mais exigente da minha vida.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico 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

Nos últimos anos, tem-se dado cada vez mais atenção à necessidade de reduzir o consumo de energia nos edifícios e de adotar soluções mais sustentáveis. Em Portugal, este setor representa uma parte significativa da energia total consumida, o que torna essencial a procura de estratégias que melhorem o seu desempenho energético [1]. Foi neste contexto que surgiu este projeto, cujo objetivo principal passou por analisar e melhorar o desempenho energético do centro de saúde de Rio de Mouro, localizado no concelho de Sintra, com a implementação de medidas de melhoria capazes de converter este grande edifício de serviços (GES) num nZEB (*nearly Zero Energy Buildings*).

Para isso, começou-se por modelar o edifício no *Revit*, onde foram também parametrizados todos os elementos construtivos. De seguida, o modelo foi exportado no formato gbXML para o *revit*, onde se procedeu às restantes parametrizações, nomeadamente os sistemas técnicos (aquecimento, arrefecimento, iluminação, etc.), os perfis de utilização e os dados climáticos. A partir daí, foi possível simular o comportamento energético do edifício e calibrar o modelo com base nos consumos faturados, de forma a garantir resultados fidedignos.

Posteriormente, procedeu-se à análise dos consumos por sistema, com separação entre os usos regulados e não regulados e identificados os elementos da envolvente com maiores perdas térmicas para o exterior. Com base nesta análise, foram propostas seis medidas de melhoria, selecionadas de acordo com os elementos construtivos e sistemas técnicos com maior contributo negativo para o desempenho energético do edifício. Embora tenham sido incluídas soluções passivas, como a intervenção na envolvente opaca e envidraçada, os maiores ganhos energéticos foram obtidos através da instalação de painéis fotovoltaicos, da substituição do sistema de iluminação existente e da implementação de um sistema de climatização VRV. As intervenções na envolvente revelaram-se bastante menos impactantes em termos de redução dos consumos energéticos.

No final, os resultados demonstraram que a combinação das medidas propostas permitiu ao edifício atingir a categoria nZEB, cumprindo os requisitos estabelecidos na legislação nacional, nomeadamente os valores de referência estabelecidos no Despacho n.º 6476-E/2021, no âmbito do Decreto de Lei n.º 101-D/2020. Em termos de desempenho, verificou-se a evolução da classe energética inicial C para A+.

PALAVRAS-CHAVE

DESEMPENHO ENERGÉTICO, nZEB, *REVIT*, *DESIGNBUILDER*, MEDIDAS DE MELHORIA

ABSTRACT

In recent years, increasing attention has been given to the need to reduce energy consumption in buildings and to adopt more sustainable solutions. In Portugal, this sector represents a significant share of total energy consumption, making it essential to look for strategies that enhance energy performance [1]. Within this context, the present project aimed to analyse and improve the energy performance of the Rio de Mouro health centre, located in the municipality of Sintra, by implementing improvement measures capable of converting this large service building (LSB) into a nearly Zero Energy Building (nZEB).

To do this, the process began with the modelling of the building in *Revit*, where all construction elements were also parameterised. The model was then exported in gbXML format to DesignBuilder, where the remaining parameters were defined, including technical systems (heating, cooling, lighting, etc.), usage profiles, and climatic data. From there, it was possible to simulate the building's energy behavior and calibrate the model based on energy bills, in order to guarantee reliable results.

An analysis of consumption by system was carried out, separating regulated and non-regulated uses and identifying the elements of the envelope with the greatest thermal losses to the outside. Based on this analysis, six improvement measures were proposed, selected according to the construction elements and technical systems with the most negative contribution to the building's energy performance. Although passive solutions were included, such as the intervention in the opaque and glazed envelope, the most significant energy gains resulted from the installation of photovoltaic panels, the replacement of the existing lighting system, and the implementation of a VRV air conditioning system. The interventions in the envelope proved to be less impactful in reducing energy needs.

In the end, the results showed that the combination of the proposed measures enabled the building to achieve nZEB category, in accordance with the requirements set out in national legislation, particularly the reference values defined in Dispatch No. 6476-E/2021, under the framework of Decree-Law No. 101-D/2020. In terms of performance, the building's energy class improved from C to A+.

KEYWORDS

ENERGY PERFORMANCE, nZEB, REVIT, DESIGNBUILDER, IMPROVEMENT MEASURES

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice de figuras.....	x
Índice de tabelas	xiv
Lista de siglas e acrónimos.....	xviii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.2. Objetivos do trabalho	3
1.3. Apresentação da Empresa	3
1.4. Estrutura da Dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Eficiência energética nos edifícios	5
2.1.1. Contexto Europeu	6
2.1.2. Contexto Português	8
2.1.3. Sistema de Certificação Energética (SCE).....	13
2.2. Edifícios de Balanço Energético Quase Nulo (nZEB)	16
2.2.1. Definição e Princípios Fundamentais.....	16
2.2.2. Enquadramento nZEB.....	17
2.3. Simulação Energética de Edifícios	19
2.3.1. <i>Revit</i>	20
2.3.2. <i>DesignBuilder</i>	21
3. Caso de Estudo.....	23
3.1. Caracterização do Edifício	23
3.1.1. Descrição do Edifício	23
3.1.2. Zonamento Climático.....	27

3.1.3.	Marcação da Envolvente	29
3.1.4.	Envolvente Opaca	30
3.1.4.1.	Paredes, Pavimentos, Coberturas e PTP	30
3.1.4.2.	Elementos em contacto com o solo	36
3.1.4.3.	Pontes Térmicas Lineares	37
3.1.4.4.	Portas.....	37
3.1.4.5.	Inércia térmica	38
3.1.5.	Envidraçados e Dispositivos de Proteção Solar	38
3.1.5.1.	Coeficiente de Transmissão Térmica	39
3.1.5.2.	Fator Solar.....	40
3.1.5.3.	Fator de obstrução solar	41
3.2.	Sistemas Energéticos Existentes no Edifício	42
3.2.1.	Sistemas de Ventilação	42
3.2.2.	Sistemas de Climatização	43
3.2.3.	Sistemas de Iluminação.....	46
3.3.	Outros Equipamentos	49
3.4.	Perfis Horários.....	49
3.4.1.	Perfil horário de ocupação	50
3.4.2.	Perfil horário de iluminação	54
3.4.3.	Perfil horário de equipamentos	54
3.4.4.	Perfil horário de climatização	55
4.	Modelação e Simulação Dinâmica	57
4.1.	Modelação Geométrica no <i>Revit</i>	58
4.1.1.	Definição do Modelo Geométrico.....	58
4.1.2.	Definição de Materiais e Propriedades Térmicas.....	58
4.1.3.	Criação do Modelo Energético Analítico.....	61
4.2.	Integração com o DesignBuilder	62
4.3.	Parametrização no DesignBuilder	63
4.3.1.	Dados Climáticos.....	63

4.3.2.	Envolvente Opaca	64
4.3.3.	Envolvente Envidraçada e Sistemas de Proteção	66
4.3.4.	Definição dos Espaços Interiores.....	69
4.3.4.1.	Definição de Ocupação, Iluminação e Equipamentos	70
4.3.4.2.	Climatização e Ventilação (HVAC).....	72
4.3.4.3.	Modelação do Sistema AVAC	73
4.3.5.	Calibração do Modelo	77
4.3.6.	Cálculo do Consumo Energético do Edifício Existente	78
4.4.	Edifício Previsto	79
4.5.	Edifício Referência	80
5.	Análise dos Resultados.....	83
5.1.	Ganhos internos.....	83
5.2.	Balanço energético	84
5.3.	Necessidades Energéticas.....	86
5.4.	Consumos Energéticos.....	88
5.5.	Consumos Energéticos do Edifício de Referência	89
5.6.	Determinação da Classe Energética	90
5.6.1.	Indicador de Eficiência Energética Previsto.....	90
5.6.2.	Indicador de Eficiência Energética de Referência	93
5.6.3.	Classe Energética	95
6.	Propostas de Medidas de Melhoria	97
6.1.	MM1 – Isolamento Térmico Exterior das Fachadas com Sistema ETICS.....	97
6.2.	MM2 – Isolamento da Cobertura Interior com Lã de Rocha: Separação Térmica do Desvão	100
6.3.	MM3 - Otimização dos Sistemas de Iluminação	103
6.4.	MM4 - Integração de Sistema Fotovoltaico.....	107
6.5.	MM5 – Substituição dos Vidros e das Caixilharias Existentes	112
6.6.	MM6 – Implementação de Sistema do tipo VRV.....	115

6.7.	Avaliação Final da Implementação das Medidas de Melhoria	119
7.	Considerações Finais	123
7.1.	Conclusões.....	123
7.2.	Perspetivas e Trabalhos Futuros.....	124
	Referências Bibliográficas	127
	Anexo 1 – Determinação do Coeficiente de Redução	133
	Anexo 2 – Marcação da Envolvente.....	135
	Anexo 3 - Metodologia de Cálculo do Coeficiente de Transmissão Térmica.....	137
	Anexo 4 - Identificação da Envolvente Vertical em Contacto com os ENU	139
	Anexo 5 - Inércia Térmica	141
	Anexo 6 - Coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados (Anexo III ITE50 LNEC).....	143
	Anexo 7 - Caudal de infiltrações do edifício.....	144
	Anexo 8 – Caracterização e Distribuição dos Sistemas de Iluminação	147
	Anexo 9 - Determinação da Densidade de Potência dos Equipamentos Elétricos Interiores.....	153
	Anexo 10 - Determinação dos Caudais de Ar Novo Previsto e de Referência.....	156
	Anexo 11 - Estudo Luminotécnico	160
	Anexo 12 - Avaliação da Conformidade do Sistema de Iluminação Proposto na Medida de Melhoria com os Requisitos Normativos.....	171
	Anexo 13 – Ficha Técnica do Sistema Fotovoltaico Proposto	179
	Anexo 14 – Dimensionamento do Sistema de Produção Fotovoltaica	180
	Anexo 15 - Relatórios de Simulação de Desempenho do Sistema Solar Fotovoltaico.....	183
	Anexo 16 – Ficha Técnica do Conjunto vidro - caixilharia Proposto na Medida de Melhoria.....	187
	Anexo 17 – Ficha Técnica da Unidade Exterior do Sistema VRV	189
	Anexo 18 – Distribuição das Unidades Interiores do Sistema VRV pelos Espaços Climatizados.....	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Percentagem de incorporação de renováveis no setor da eletricidade na União Europeia, em 2022 [27]	8
Figura 2 - Evolução da dependência energética em Portugal [27]	9
Figura 3 - Contributo das FER no consumo final de energia (Fonte: DGEG)	10
Figura 4 - Consumo de energia final por setor de atividade, em 2022 [27]	11
Figura 5 - Evolução do consumo de energia e das poupanças estimadas do setor do comércio e serviços [27].....	12
Figura 6 - Evolução do Sistema de Certificação Energética (SCE) [9].....	14
Figura 7 - Classe energética do parque certificado de comércio e serviços [2014-2023] (Fonte: ADENE)	15
Figura 8 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [43]	18
Figura 9 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação [43].....	18
Figura 10 - Representação da distância do edifício à costa	23
Figura 11 – Imagem satélite do edifício de estudo e fachada principal orientada a noroeste.....	25
Figura 12 - Planta do piso -1, com identificação a amarelo dos espaços não úteis	26
Figura 13 - Planta do rés do chão, com identificação a amarelo dos espaços não úteis.....	26
Figura 14 - Planta do piso 1, com identificação a amarelo dos espaços não úteis	27
Figura 15 - Zonas climáticas de inverno e verão, respetivamente [65].....	27
Figura 16 - Marcação de pavimentos e coberturas, respetivamente	29
Figura 17 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no piso -1	43
Figura 18 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no rés do chão ..	44
Figura 19 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no piso 1	44
Figura 20 - Perfil de ocupação dos gabinetes	51
Figura 21 - Perfil de ocupação das salas de tratamentos	51
Figura 22 - Perfil de ocupação das salas de espera	51
Figura 23 - Perfil de ocupação das copas.....	52
Figura 24 - Perfil de ocupação dos corredores.....	52
Figura 25 - Perfil de ocupação dos arrumos, armazém, posto de transformações, resíduos e servidor	52
Figura 26 - Perfil de ocupação da fisioterapia, entrada e hall	53
Figura 27 - Perfil de ocupação das instalações sanitárias	53

Figura 28 - Perfil de ocupação da sala de reuniões.....	53
Figura 29 - Perfil de iluminação das salas de espera e dos corredores.....	54
Figura 30 - Perfil de equipamentos das copas.....	54
Figura 31 - Perfil de equipamentos do servidor e da entrada (piso 0).....	55
Figura 32 - Perfil de equipamentos das salas de espera.....	55
Figura 33 - Perfil de climatização geral.....	56
Figura 34 - Perfil de climatização da sala de servidores.....	56
Figura 35 - Perfil de climatização da sala de reuniões.....	56
Figura 36 - Representação do modelo geométrico no Revit.....	58
Figura 37 – <i>Printscreen</i> do <i>Revit</i> , com detalhe da definição das propriedades da parede exterior PE1	59
Figura 38 - <i>Printscreen</i> do <i>Revit</i> , com detalhe na definição da parede exterior PE1	60
Figura 39 - <i>Printscreen</i> do <i>Revit</i> , com detalhe na definição dos envidraçados.....	61
Figura 40 - Modelo energético analítico do edifício no <i>Revit</i>	62
Figura 41 – <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na criação do projeto	62
Figura 42 – <i>Printscreen</i> da interface do ficheiro climático gerado no SCE.CLIMA	63
Figura 43 – <i>Printscreen</i> da integração do ficheiro climático no <i>DesignBuilder</i>	64
Figura 44 - Modelo geométrico do edifício	65
Figura 45 - a) <i>Printscreen</i> do separador “Construction ” ao nível do edifício; b) <i>Printscreen</i> do separador “Construction ” ao nível da superfície do gabinete 1 (piso 0)	65
Figura 46 – <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe no ajuste feito à parede exterior PE1 no <i>DesignBuilder</i>	66
Figura 47 - <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na definição dos envidraçados no separador "Openings".....	67
Figura 48 - a) <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na tipologia de envidraçado VE2a ao nível da superfície; b) <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na definição do vão envidraçado VE2a, através da secção “Glazing Type”	67
Figura 49 - <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na definição do dispositivo de proteção solar, através da secção “Shading” ao nível do edifício	68
Figura 50 – <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na inserção das propriedades do dispositivo de proteção.....	69

Figura 51 - a) Printscreen do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na definição dos espaços não úteis ao nível da zona, através do separador “Activity”; b) Printscreen do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na representação das zonas do bloco PM1 (piso -1), no painel de navegação.....	69
Figura 52 – <i>Printscreen</i> da ferramenta “Model Data Grid View” no <i>DesignBuilder</i>	70
Figura 53 – <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> da na definição do perfil horário dos gabinetes	71
Figura 54 - <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na definição dos sistemas de iluminação (gabinete 1), através do separador “Lighting”	72
Figura 55 - <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> , com detalhe na configuração dos sistemas AVAC, através do separador "HVAC"	73
Figura 56 - Atribuição dos sistemas de climatização às “group zones”	74
Figura 57 - Representação do sistema PTHP, no DesignBuilder	75
Figura 58 - Configuração das propriedades dos constituintes do sistema PTHP	76
Figura 59 - Configuração dos setpoints e setbacks de temperatura do caso de estudo	77
Figura 60 - Decomposição dos consumos anuais de energia do edifício.....	78
Figura 61 - Representação do esquema AVAC do edifício previsto no DesignBuilder.....	80
Figura 62 - Ganhos internos anuais do edifício previsto	83
Figura 63 - Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de aquecimento.....	84
Figura 64 - Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de arrefecimento	85
Figura 65 – <i>Printscreen</i> do <i>DesignBuilder</i> com detalhe na variação mensal da temperatura exterior de bulbo seco e da temperatura no interior do edifício (parte superior), e das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento (parte inferior) necessárias para garantir as condições de conforto ao longo do ano.....	87
Figura 66 - Distribuição percentual dos consumos energéticos anuais por sistema consumidor do edifício previsto	88
Figura 67 - Representação da cobertura interior onde é proposta a aplicação do isolamento térmico em lâ de rocha	101
Figura 68 - Distribuição dos módulos fotovoltaicos pela cobertura do edifício	108
Figura 69 - Planta do rés do chão com identificação da orientação solar de cada fachada e marcação dos vãos envidraçados intervencionados (a ciano) e dos não intervencionados (a vermelho).....	112

Figura 70 - Representação do modelo AP3016FT8P-E da Toshiba considerado para a unidade exterior	116
Figura 71 - Representação da unidade exterior do sistema VRV no DesignBuilder	116
Figura 72 - Representação da unidade interior do sistema VRV no DesignBuilder	117
Figura 73 - Marcação da envolvente do piso -1	135
Figura 74 - Marcação da envolvente do rés do chão	135
Figura 75 - Marcação da envolvente do piso 1	136
Figura 76 - Representação das paredes exteriores PE1B do piso -1	139
Figura 77 - Representação das paredes exteriores PE1B do piso 1	139
Figura 78 - Representação das paredes interiores PINT1 e PINT2 do piso -1	140
Figura 79 - Representação das paredes interiores PINT1 e PINT2 do piso -1	140
Figura 80 - Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais (LNEC)	143
Figura 81 - Ficha técnica dos painéis solares TSM-DEG18MC.20(II)	179
Figura 82 - a) Parametrização do sistema fotovoltaico com 30 módulos orientados a 19° de azimute e 25° de inclinação; b) Parametrização do sistema fotovoltaico com 30 módulos orientados a -38° de azimute e 25° de inclinação	181
Figura 83 - Introdução dos dados técnicos do módulo Trina Solar (495 W)	181
Figura 84 - Parametrização do perfil de necessidades energéticas no SCE.ER	182
Figura 85 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute 19° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S e T	183
Figura 86 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute -38° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S e T	184
Figura 87 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute 19° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S	185
Figura 88 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute -38° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S	186
Figura 89 - Ficha técnica dos vãos envidraçados propostos na MM5	188
Figura 90 - Ficha técnica da unidade exterior do VRV AP3016FT8P-E	189

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da área de pavimento por espaços úteis e não úteis.....	24
Tabela 2 - Zona climática de inverno	28
Tabela 3 - Zona climática de verão	28
Tabela 4 - Resultados obtidos para determinação das zonas climáticas através da metodologia aplicada	28
Tabela 5 - Código de cores para marcação da envolvente.....	29
Tabela 6 - Coeficientes de redução dos espaços não úteis.....	29
Tabela 7 - Descrição construtiva adotada por defeito para parede exterior, PE1	30
Tabela 8 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede exterior, PE2	31
Tabela 9 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede interior, PINT1	32
Tabela 10 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede interior, PINT2.....	32
Tabela 11 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP132	
Tabela 12 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP233	
Tabela 13 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP333	
Tabela 14 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP433	
Tabela 15 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP533	
Tabela 16 - Descrição construtiva adotada por defeito para os pavimentos, PAVCOMP1 e PAVINT1 ...	34
Tabela 17 - Descrição construtiva adotada por defeito para as coberturas, COBINT1 e COBINT2	35
Tabela 18 - Descrição construtiva adotada por defeito para a cobertura, COBEXT1	35
Tabela 19 - Descrição construtiva adotada por defeito para a cobertura, COBEXT2	35
Tabela 20 - Descrição construtiva adotada por defeito para as paredes enterradas, PENT1B, PENT2B e PENT3B	36
Tabela 21 - Descrição construtiva adotada por defeito para os pavimentos enterrados, PAVTER1e PAVTERB.....	37
Tabela 22 - Descrição construtiva adotada por defeito para o pavimento enterrado, PAVTER2	37
Tabela 23 - Caracterização dos vãos envidraçados do edifício	39
Tabela 24 - Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados	40
Tabela 25 - Fator solar dos vãos envidraçados	41
Tabela 26 - Características dos splits	46
Tabela 27 - Distribuição das luminárias interiores por tipo de tecnologia	47

Tabela 28 - Distribuição das luminárias exteriores por tipo de tecnologia	47
Tabela 29 - Potências dos equipamentos elétricos.....	49
Tabela 30 - Definição de ocupação dos diferentes espaços do edifício	50
Tabela 31 - Consumo de energia elétrica no ano de 2021	78
Tabela 32 - Valores de referência para o coeficiente de transmissão térmica e fator solar da envolvente opaca do caso de estudo	81
Tabela 33 – a) Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, na estação de aquecimento. b) Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de arrefecimento	85
Tabela 34 - Consumos energéticos anuais (kWh/ano) por sistema consumidor do edifício previsto	88
Tabela 35 - Consumos energéticos anuais (kWh/ano) por sistema consumidor do edifício de referência	89
Tabela 36 - Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T	91
Tabela 37 - Consumos de energia primária do edifício previsto.....	93
Tabela 38 - Consumos de energia primária do edifício de referência.....	94
Tabela 39 - Intervalos de valor de RIEE para edifícios de comércio e serviços	95
Tabela 40 - Descrição construtiva da parede exterior, PE1_ISEXT.....	98
Tabela 41 - Descrição construtiva da parede exterior, PE2_ISEXT.....	98
Tabela 42 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 1 (MM1), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor.	99
Tabela 43 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção.	100
Tabela 44 - Análise económica da MM1	100
Tabela 45 - Descrição construtiva das coberturas interiores, COBINT2_ISEXT e COBINT1B_ISEXT ..	101
Tabela 46 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 2 (MM2), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor	102
Tabela 47 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção	103
Tabela 48 - Análise económica da MM2	103
Tabela 49 - Soluções de iluminação propostas na MM3	104
Tabela 50 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 3 (MM3), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor	105

Tabela 51 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção	106
Tabela 52 - Análise económica da MM3.....	106
Tabela 53 - Características técnicas do módulo fotovoltaico	107
Tabela 54 - Energia para autoconsumo proveniente dos painéis solares	109
Tabela 55 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 4 (MM4), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor	109
Tabela 56 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção	110
Tabela 57 - Análise económica da MM4.....	111
Tabela 58 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 5 (MM5), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor	113
Tabela 59 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção	114
Tabela 60 - Análise económica da MM5.....	114
Tabela 61 - Características das unidades interiores a implementar.....	116
Tabela 62 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 6 (MM6), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor	118
Tabela 63 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção	118
Tabela 64 - Contributo aerotérmico do sistema VRV	118
Tabela 65 - Análise económica da MM6.....	119
Tabela 66 - Síntese dos resultados obtidos com a aplicação da medida de melhoria conjunta.....	120
Tabela 67 - Requisitos nZEB para edifício novos ou sujeitos a grande intervenção.....	120
Tabela 68 - Valores do coeficiente de redução.....	133
Tabela 69 - Coeficientes de redução dos espaços não úteis.....	134
Tabela 70 - Valores das resistências térmicas superficiais	138
Tabela 71 - Classes de inércia térmica.....	141
Tabela 72 - Regras de simplificação para determinação da classe de inércia térmica.....	142
Tabela 73 - Cálculo dos caudais de infiltração no edifício	144
Tabela 74 - Características dos sistemas de iluminação	147
Tabela 75 - Características dos sistemas de iluminação	153

Tabela 76 - Determinação dos caudais de ar novo previsto e de referência	156
Tabela 77 - Características do sistema de iluminação implementado na MM3.....	171
Tabela 78 - Distribuição das unidades interiores VRV pelos espaços do edifício.....	190

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ADENE	Agência para a Energia;
APA	Agência Portuguesa do Ambiente;
AQS	Água Quente Sanitária;
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
BIM	<i>Building Information Modelling;</i>
COP	<i>Coefficient of Performance;</i>
DEE	Desempenho Energético do Edifício;
DDH	<i>Discomfort Degree Hours</i>
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia;
DGS	Direção-Geral da Saúde;
EER	<i>Energy Efficiency ratio;</i>
ENU	Espaço não útil;
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive;</i>
EPS	Poliestireno Expandido;
EPW	<i>Energy Plus Weather File;</i>
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite System;</i>
FER	Fontes de energia renovável;
GEE	Gases de Efeito Estufa;
GES	Grande Edifício de Comércio e Serviços;
LED	<i>Light Emitting Diode;</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Energia Civil;
MM	Medida de Melhoria;
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos;
nZEB	<i>Nearly Zero Energy Building;</i>
PE	Parede Exterior;
PI	Parede Interior;
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima;
PQ	Perito Qualificado;
PTL	Ponte Térmica Linear;

PTP	Ponte Térmica Plana;
QAI	Qualidade do Ar Interior;
RCCTE	Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios;
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;
RPH	Renovações por Hora;
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
SACE	Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios;
SC	Sem Climatização;
SCE	Sistema e Certificação Energética de Edifícios;
SEER	<i>Seasonal Energy Efficiency Ratio;</i>
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance;</i>
SDM	Simulação Dinâmica Multizona;
TDI	<i>Thermal Deviation Index</i>
UE	União Europeia;
VE	Vão Envidraçado;
VRV	<i>Variable Refrigerant Volume;</i>

Símbolos

α	Declive que relaciona a diferença de alturas	mês/km ou °C/km
A_{env}	Soma das áreas dos vãos envidraçados do edifício ou fração em estudo, por orientação	m ²
$A_{espaço}$	Área de pavimento do espaço	m ²
A_{eve}	Área da envolvente vertical exterior do edifício ou da fração em estudo, por orientação	m ²
A_f	Área do caixilho	m ²
A_g	Área transparente	m ²
A_i	Somatório das áreas dos elementos de todas as frações que separam os respetivos espaços interiores úteis do espaço interior não útil	m ²
A_p	Área interior útil de pavimento	m ²
A_{tot}	Área total de pavimento	m ²
A_w	Área do vão envidraçado	m ²
b_{ztu}	Coeficiente de redução térmica	

d	Espessura do material da camada	m
DPI100lux	Densidade de potência de iluminação instalada no espaço, por 100 lx	(W/m ²)/100 lx
DPI100lux,max	Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx	(W/m ²)/100 lx
DPIinst	Densidade de potência de iluminação instalada	(W/m ²)/100 lx
E_m	Iluminância média no espaço	lx
$E_{m,EN12464-1}$	Iluminância máxima admissível da Norma EN 12464-1	lx
$E_{m,req}$	Iluminância média requerida no espaço	lx
E_{ren}	Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício	kWh/ano
ε	Emissividade	
ε_v	Eficácia de remoção de poluentes	
f	Espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedados, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas	
F	Espaço interior não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas	
F_d	Fator de luz natural do espaço	
F_f	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical	
F_o	Fator de sombreamento do elemento opaco horizontal	
F_{oc}	Fator de ocupação do espaço	
F_{pu}	Fator de conversão de energia final para energia primária	kWhEP/kWh
GD	Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18 °C	°C
g_{tot}	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados	
$g_{tot,máx}$	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados	
$g_{tot,vc}$	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar totalmente ativado	
$g_{\perp,vi}$	Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado	
IEEfóssil,S	Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S;	kWhEP/(m ² ·ano)
IEEprev	Indicador de eficiência energética previsto;	kWhEP/(m ² ·ano)
IEEpr,ren	Indicador de eficiência energética previsto renovável	kWhEP/(m ² ·ano)
IEEpr,S	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S	kWhEP/(m ² ·ano)
IEEpr,T	Indicador de eficiência energética previsto do tipo T	kWhEP/(m ² ·ano)

IEE _{ref}	Indicador de eficiência energética do edifício de referência;	kWhEP/(m ² ·ano)
IEE _{ref,S}	Indicador de eficiência energética do edifício de referência dos consumos tipo S	kWhEP/(m ² ·ano)
IEE _{ref,T}	Indicador de eficiência energética do edifício de referência dos consumos do tipo T	kWhEP/(m ² ·ano)
It	Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de Pavimento	kg/m ²
Ig	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	m
Igb	Desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar	m
M _{si}	Massa superficial útil do elemento <i>i</i>	kg/m ²
P _c	Potência nominal dos sistemas de controlo do espaço	W
P _{tot}	Potência nominal de iluminação fixa do espaço	W
ρ	Massa volúmica	kg/m ³
Q _{AN}	Caudal de ar novo	m ³ /h
<i>q_v</i>	Caudal de ar da unidade de ventilação	m ³ /h
<i>r_i</i>	Fator de redução da massa superficial útil do elemento <i>i</i>	
RIEE	Rácio da classe energética em edifícios de comércio e serviços	
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
RenC&S	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços	
S _i	Área da superfície interior do elemento <i>i</i>	m ²
U	Coeficiente de transmissão térmica	W/(m ² ·°C)
U _f	Coeficiente de transmissão térmica do caixilho	W/(m ² ·°C)
U _g	Coeficiente de transmissão térmica da área transparente	W/(m ² ·°C)
U _{max}	Coeficiente de transmissão térmica máximo dos elementos da envolvente	W/(m ² ·°C)
U _w	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar	W/(m ² ·°C)
V _{enu}	Volume do espaço interior não útil	m ³
X	Parâmetro climático a corrigir	
X _{ref}	Parâmetro climático à cota de referência	

z	Altitude do edifício	km
z_{ref}	Altitude de referência	km
z_{solo}	Profundidade média	m
ψ	Coeficiente de transmissão térmica linear	$W(m \cdot ^\circ C)$
Ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho	$W(m \cdot ^\circ C)$
Ψ_{gb}	Coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar	$W(m \cdot ^\circ C)$
θ_{enu}	Temperatura do espaço interior não útil	$^\circ C$
θ_{ext}	Temperatura do ambiente exterior	$^\circ C$
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média de verão	$^\circ C$
θ_{int}	Temperatura no interior do edifício	$^\circ C$
λ	Condutibilidade térmica	$W/(m \cdot ^\circ C)$

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Durante décadas, a energia foi tratada como um recurso garantido. O progresso urbano, a industrialização e o conforto doméstico assentaram na premissa implícita de que a energia estaria sempre disponível, em quantidade suficiente, a um custo comportável.

Em Portugal, como em grande parte da Europa, essa lógica alimentou um modelo de desenvolvimento onde a eficiência raramente foi prioridade. Na segunda metade do século XX, com o forte crescimento urbano e o aumento da construção, ergueram-se milhares de edifícios num curto espaço de tempo, rápidos, baratos, e na sua maioria energeticamente frágeis [2]. As preocupações estavam centradas na habitação, na cobertura de necessidades básicas e na modernização do país, ainda em recuperação de um contexto político e económico fechado, marcado por décadas de isolamento internacional, escasso investimento em infraestruturas e um modelo económico centrado na autossuficiência, que atrasou a modernização do setor da construção [3]. A ideia de “eficiência energética” era, na prática, inexistente. Só com o primeiro choque petrolífero, nos anos 70, é que a dependência energética começou a ser reconhecida como um problema. Mas, mesmo assim, a transição para um edificado mais eficiente foi lenta e tardia [4].

O primeiro regulamento térmico português só chegou em 1990, com o Decreto-Lei n.º 40/90 e mesmo após a sua publicação, a exigência da sua aplicação prática foi desigual e pouco fiscalizada. O resultado é visível nos números, com cerca de 70% do parque edificado nacional construído antes dessa data, sem qualquer consideração real pelo desempenho energético [5].

Isto significa que a maioria dos edifícios que usamos diariamente consome mais energia do que deveria e oferece menos conforto do que poderia, tanto do ponto de vista económico como ambiental. Mas o problema não é apenas técnico, é também estrutural. Portugal continua a apresentar uma das mais altas taxas de dependência energética da União Europeia. Em 2022, cerca de 71,2% da energia consumida teve origem no exterior, comparativamente à média europeia que se situa nos 62,5% [6]. Uma dependência desta ordem expõe o país a riscos significativos, onde qualquer instabilidade no preço dos combustíveis ou no mercado internacional tem repercussões imediatas na economia nacional [7].

O setor dos edifícios representa atualmente cerca de 30% da energia final consumida em Portugal [8]. É, por isso, um dos pilares centrais da política energética nacional e europeia. Nas últimas décadas,

esse reconhecimento deu origem a um conjunto de orientações e diretivas que visam inverter o rumo. A primeira diretiva europeia sobre o desempenho energético dos edifícios surgiu em 2002 (Diretiva 2002/91/CE), sendo posteriormente revista em 2010 (Diretiva 2010/31/UE), em 2018 (Diretiva 2018/844/UE) e mais recentemente em 2024 (Diretiva 2024/1275). Foi no âmbito destas revisões que se consolidou o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB). Em resposta, Portugal adotou legislação progressiva, do Decreto-Lei n.º 78/2006 ao Decreto-Lei n.º 118/2013, até ao atual Decreto-Lei n.º 101-D/2020, que veio consolidar o Sistema de Certificação Energética (SCE) e elevar os padrões de exigência para edifícios novos e reabilitados [9].

A nível político e estratégico, a mudança ganhou um novo fôlego com o Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*), apresentado em 2019, que estabeleceu a neutralidade carbónica como meta vinculativa para a União Europeia até 2050. Pela primeira vez, a reabilitação energética foi colocada no centro das políticas de transição justa e de recuperação económica. Um ano depois, em plena pandemia, a Comissão Europeia lançou a estratégia “Vaga de Renovação” (*Renovation Wave*), uma chamada de ação concreta para transformar os edifícios da Europa, reduzindo consumos, emissões e desigualdades sociais [10]. Em Portugal, a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios (ELPRE), aprovada em 2021, formalizou esse compromisso, estabelecendo metas claras: descarbonizar, reduzir a fatura energética e converter o parque existente em nZEB, com prioridade para os edifícios mais vulneráveis ou com função social crítica [11].

É aqui que o setor da saúde ganha particular relevância. Os edifícios de saúde, incluindo hospitais, centros de saúde e lares, tendem a funcionar de forma contínua com exigências elevadas de estabilidade térmica, o que conduz, inevitavelmente, a consumos elevados. Quando não são eficientes, estes edifícios consomem mais do que seria desejável e tornam mais difícil garantir condições adequadas a quem deles depende.

Este trabalho parte do princípio de que os edifícios não são apenas estruturas físicas. O seu desempenho energético tem impacto direto no conforto, na funcionalidade e na viabilidade dos espaços que acolhem. Reabilitar torna-se, por isso, mais do que uma exigência técnica, é uma resposta necessária aos desafios que o edificado existente continua a colocar. É nesse enquadramento que se insere esta dissertação.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Com este trabalho, pretende-se avaliar o desempenho energético de um grande edifício de comércio e serviços (GES) e estudar a sua viabilidade para atingir a categoria nZEB. Para isso, será feita a caracterização da envolvente, dos equipamentos e sistemas técnicos existentes, que servirá de base à construção de um modelo virtual do edifício. Através da simulação dinâmica, será possível quantificar os consumos energéticos e compreender o comportamento do edifício em condições reais de utilização, identificando os principais fatores que condicionam o seu desempenho.

Tendo por base os resultados obtidos, serão propostas medidas de melhoria orientadas para a redução das necessidades energéticas, o aumento da eficiência e a melhoria da classe energética, assegurando o cumprimento dos requisitos estabelecidos na legislação em vigor.

Este trabalho procura ainda consolidar conhecimentos sobre o Sistema de Certificação Energética (SCE) e o enquadramento legal associado, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, o Despacho n.º 6476-E/2021 e a Portaria n.º 138-I/2021. De forma prática, pretende-se mostrar que a reabilitação energética de edifícios existentes, apoiada por ferramentas de simulação e por uma análise crítica, é uma estratégia viável para aumentar o desempenho energético, reduzir o impacto ambiental e garantir melhores condições de funcionamento em infraestruturas de interesse público.

1.3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A STEG é uma empresa portuguesa que se dedica à área da eficiência energética, com atuação sobretudo em edifícios de comércio e serviços e na indústria. Trabalha em projetos de certificação energética, auditorias, simulações dinâmicas e outros serviços ligados à gestão e racionalização de energia. Está sediada no centro de negócios Ideia Atlântico na Avenida João XXI n.º 627 1.º andar, em Braga, e tem vindo a afirmar-se como uma referência nesta área, muito por via de uma abordagem prática e do envolvimento direto da equipa nas fases dos projetos. Mais do que prestar serviços técnicos, a empresa procura encontrar soluções à medida, adaptadas ao contexto de cada edifício, com foco na redução de consumos e na melhoria do desempenho energético. A sustentabilidade está no centro do trabalho desenvolvido, mas sempre com uma preocupação clara com a viabilidade e aplicação real das soluções propostas.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O documento está estruturado em sete capítulos, com a seguinte distribuição de conteúdos:

- Capítulo 1 corresponde à introdução do trabalho, onde são apresentados o enquadramento e a motivação para o desenvolvimento do estudo, os seus objetivos, uma breve apresentação da empresa e a estrutura do documento.
- Capítulo 2 é feito o enquadramento teórico, abordando-se os principais conceitos relacionados com a eficiência energética em edifícios, o enquadramento legal aplicável e os objetivos definidos para os edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB). É ainda apresentada uma síntese sobre metodologias e ferramentas de simulação energética, com destaque para os software *Revit* e *DesignBuilder*.
- Capítulo 3 é dedicado à caracterização do edifício em estudo, onde são descritas as suas características construtivas, os sistemas energéticos instalados, os equipamentos existentes e o perfil de utilização do edifício.
- Capítulo 4 são descritas as etapas de criação do modelo no *Revit*, a sua integração com o *DesignBuilder* e a parametrização de todos os elementos relevantes para a simulação, incluindo envolvente, sistemas técnicos, ocupação e dados climáticos. São também apresentados os resultados da simulação do edifício existente e feita a calibração do modelo.
- Capítulo 5 apresenta os resultados da simulação dinâmica, incluindo as cargas internas no interior, o balanço energético dos elementos da envolvente, a quantificação das necessidades e os consumos de energia, bem como a determinação da classe energética do edifício, com base no desempenho do edifício previsto e do edifício de referência.
- Capítulo 6 são propostas e analisadas várias medidas de melhoria com vista à otimização do desempenho energético do edifício. Cada medida é avaliada individualmente e, numa fase posterior, é analisado o impacto da aplicação conjunta de todas as medidas propostas.
- Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho, onde são sintetizados os principais resultados obtidos e identificados trabalhos futuros que complementem o estudo desta dissertação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS

A eficiência energética é, de forma abreviada, a capacidade de usar menos energia para obter um mesmo resultado. Isto significa evitar desperdícios, aproveitando ao máximo cada unidade de energia consumida, seja para aquecer ou arrefecer uma casa, fazer funcionar uma máquina ou iluminar um espaço. No fundo, trata-se de utilizar a energia de forma inteligente, garantindo o conforto e o desempenho desejado com o mínimo de consumo possível.

Nesse sentido, a eficiência energética tem vindo a ganhar cada vez mais relevância nas estratégias globais para o desenvolvimento sustentável. Perante a urgência das alterações climáticas, a crescente pressão sobre os recursos naturais e os compromissos assumidos no Acordo de Paris e na Agenda 2030 das Nações Unidas [12], tornou-se evidente que utilizar melhor a energia disponível é uma das formas mais eficazes de responder a estes desafios. Ao mesmo tempo que ajuda a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), a utilização mais eficiente da energia contribui para reforçar a segurança do abastecimento e apoiar o crescimento económico [13].

Nos últimos anos, a procura por energia tem vindo a crescer, a maior parte das vezes mais depressa do que os ganhos em eficiência conseguem acompanhar. Apesar desta tendência se ter agravado em 2020, como reflexo do impacto da pandemia da COVID-19, é também consequência das insuficientes políticas adotadas até então. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA), em 2017, a melhoria da intensidade energética global na UE foi de apenas 1,7%, comparativamente aos 2,3% anuais registados entre 2011 e 2016, tendo subido ligeiramente para 1,9% em 2021. Ainda assim, continua longe da meta dos 4% anuais estabelecida no cenário “Net Zero Emissions by 2050” da Agência Internacional de Energia [14] [15].

A falta de avanços significativos nesta área continua a representar um entrave aos esforços de mitigação climática. Por outro lado, investir na eficiência e no aproveitamento do uso da energia não só permite reduzir o consumo, como também ajuda a atenuar os impactos negativos associados ao seu ciclo de vida, desde a produção ao transporte e utilização, processos dos quais grande parte das pessoas não têm consciência. [16].

Para além disso, os investimentos na eficiência energética tem efeitos colaterais na economia e na sociedade, contribuindo para a descarbonização, criando emprego local e reduzindo a dependência

de importações energéticas. [17]. São também um passo importante para garantir a igualdade no acesso à energia, sobretudo em regiões pobres energeticamente onde os custos de fornecimento representam um obstáculo real ao desenvolvimento socioeconómico [18]. Estes impactos positivos explicam o destaque dado à eficiência energética em vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial no ODS 7, cujo objetivo passa por assegurar o acesso universal a energia limpa, fiável e acessível [19].

2.1.1. CONTEXTO EUROPEU

Na sequência da crescente valorização da eficiência energética a nível global, a União Europeia tem vindo a construir uma estratégia energética estruturada, orientada para a neutralidade carbónica. Esta estratégia assenta na utilização mais eficiente da energia, na integração progressiva de fontes de energia renováveis e na transformação do setor da construção. Tendo em conta que os edifícios são responsáveis por uma parte significativa do consumo energético e das emissões de gases com efeito de estufa, houve a necessidade de tornar este setor numa prioridade nas políticas europeias, dando origem à diretiva que regula o seu desempenho energético, conhecida como EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) [20].

A primeira intervenção relevante da União Europeia nesta matéria surgiu com a Diretiva 2002/91/CE, também conhecida como EPBD, publicada em dezembro de 2002. Esta diretiva marcou um ponto de viragem ao introduzir obrigações específicas para o setor dos edifícios, como a certificação energética obrigatória, requisitos mínimos de desempenho térmico para edifícios novos e existentes sujeitos a grandes renovações, e a implementação de sistemas de inspeção aos equipamentos técnicos. Pretendia-se, com estas medidas, uniformizar critérios entre os Estados Membros (EM) e colocar a eficiência energética como um elemento central na avaliação e valorização do edificado [21].

Com a revisão de 2010, consagrada na Diretiva 2010/31/UE (EPBD I), foram reforçados os objetivos da diretiva anterior, principalmente através da introdução do conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB). Esta diretiva estabeleceu metas vinculativas para os EM assegurarem que, até 2020, os edifícios novos apresentassem consumos energéticos muito reduzidos e integrassem fontes renováveis de forma significativa. Foram também definidos novos critérios para os requisitos mínimos de desempenho energético e reforçada a exigência de inspeções aos sistemas de aquecimento e climatização [22].

A segunda revisão, materializada na Diretiva 2018/844 (EPBD II), tentou dar resposta às metas de longo prazo da política climática europeia. Esta diretiva exigiu que os países na UE elaborassem

estratégias nacionais de renovação de longo prazo, com o objetivo de promover a reabilitação do parque edificado e reduzir as emissões em 80 a 95% até 2050, face aos níveis de 1990. A par disso, alargou-se o âmbito das inspeções aos sistemas técnicos combinados, promovendo igualmente a instalação de infraestruturas para carregamento de veículos elétricos e a implementação de sistemas de automatização e controlo de edifícios (SACE) [23].

Nos anos seguintes, outras diretivas europeias complementaram a EPBD II, embora sem a substituir. A Diretiva (UE) 2023/2413, integrada no pacote legislativo "Objetivo 55", focou-se na promoção da utilização de energias renováveis, estabelecendo metas obrigatórias e condições de integração que se refletem também no setor dos edifícios. Esta diretiva reforçou a articulação entre eficiência energética e inclusão social, prevendo medidas específicas de combate à pobreza energética e incentivando a renovação dos edifícios com pior desempenho [24].

Do mesmo modo, a Diretiva (UE) 2024/1275, aprovada em maio de 2024, constitui a terceira revisão da EPBD, estabelecendo metas de redução do consumo de energia primária, introduzindo o conceito de edifício com zero emissões (ZEB) e promovendo a instalação de infraestruturas para mobilidade elétrica [25]. A diretiva deverá ser transposta para a legislação nacional até maio de 2026, consolidando os compromissos europeus anteriormente assumidos.

Em termos de concretização, os dados mais recentes indicam que, em 2022, a média da União Europeia para a incorporação de fontes renováveis no setor da eletricidade se situava nos 41,2%, refletindo uma trajetória de crescimento sustentado, ainda que desigual entre os EM (Figura 1). Países como a Suécia, Dinamarca e Áustria superaram os 70%, beneficiando de condições geográficas e políticas públicas consolidadas em prol das renováveis. Portugal posicionou-se acima da média da UE, com uma percentagem próxima dos 61%, resultante da aposta contínua nas fontes hídricas, eólicas e solares, bem como da descarbonização progressiva da sua produção elétrica.

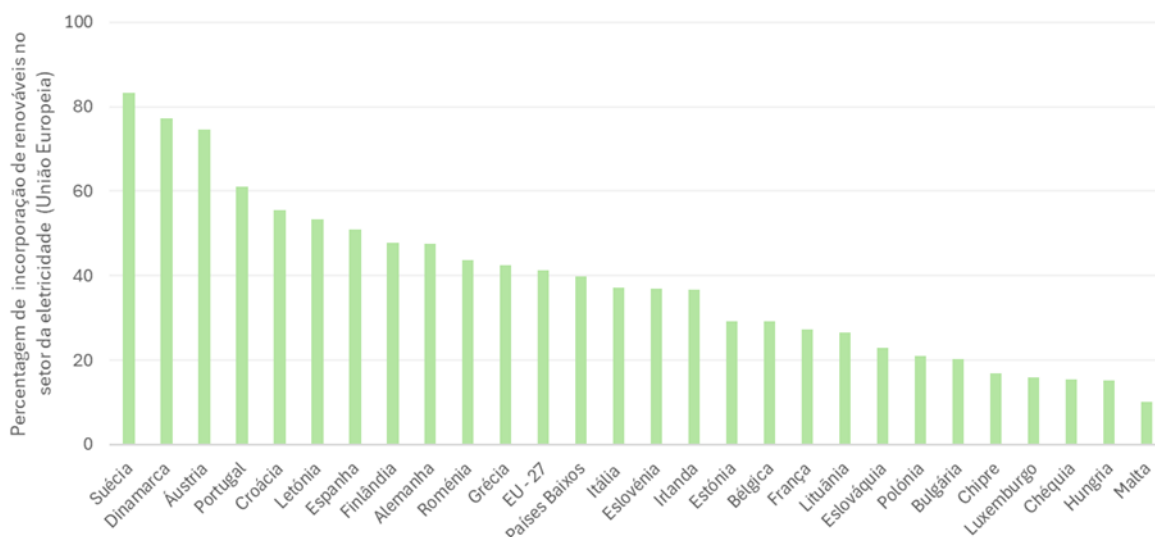


Figura 1 - Percentagem de incorporação de renováveis no setor da eletricidade na União Europeia, em 2022 [27]

2.1.2. CONTEXTO PORTUGUÊS

A evolução da política energética em Portugal tem sido, ao longo dos últimos anos, marcada por um esforço contínuo de adaptação às metas ambientais e climáticas definidas a nível europeu, sem deixar de parte os desafios específicos do país. Apesar da constante evolução, a satisfação dos compromissos assumidos internacionalmente aliada às limitações nacionais continuam a dificultar uma transição energética mais acelerada. Questões como a dependência energética externa, a lentidão na renovação do parque edificado ou a complexidade da gestão de diferentes programas e entidades são exemplos dessa realidade [10].

O Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) é o principal documento de planeamento que orienta esta transição. A versão, apresentada em 2023, procurou responder a novas exigências europeias, incluindo as propostas do pacote *FIT for 55*, que estabelece metas de redução de emissões até 2030, e do plano *REPowerEU*, centrado em reduzir a dependência energética da União Europeia pela diversificação do aprovisionamento e do reforço das energias renováveis [27]. Embora estes enquadramentos europeus funcionem como uma orientação, é a capacidade de cada país de os aplicar ao seu contexto que acaba por determinar o verdadeiro impacto das medidas.

A trajetória da dependência energética em Portugal tem oscilado ao longo das últimas duas décadas, refletindo tanto avanços estruturais como vulnerabilidades persistentes. Desde o início dos anos 2000, quando o país dependia de importações para satisfazer cerca de 85% das suas necessidades energéticas, assistiu-se a um decréscimo gradual, interrompido por variações cíclicas associadas a flutuações nos mercados internacionais, à recessão económica de 2008, à pandemia da COVID-19, à

crise energética agravada pela guerra na Ucrânia e principalmente às oscilações das condições hidrológicas que influenciam a produção hidroelétrica. Esse recuo na dependência foi, em parte, impulsionado pela introdução do gás natural, pela redução do uso de carvão na produção elétrica, cuja utilização cessou em 2021 e pela crescente implementação de fontes renováveis no sistema energético. A evolução da dependência energética apresentada na Figura 2 demonstra o valor mais baixo em 2020 (65,8%), no entanto, esta dependência voltou a aumentar em 2021 e 2022, atingindo 71,2%. Esta subida está diretamente relacionada com a recuperação da atividade económica pós-pandemia, nomeadamente no setor dos transportes, ainda fortemente dependente de combustíveis fósseis [29] [30], sendo também influenciada pelo facto de 2022 ter sido um ano particularmente seco.

Apesar deste aumento, em 2023 registou-se uma nova descida da dependência energética, associada ao reforço da produção doméstica de energia a partir de fontes renováveis, que cresceu 9,4% face ao ano anterior [70]. Esta tendência manteve-se em 2024, com a dependência energética a reduzir para 64,1%, cumprindo o objetivo estabelecido no PNEC 2030.

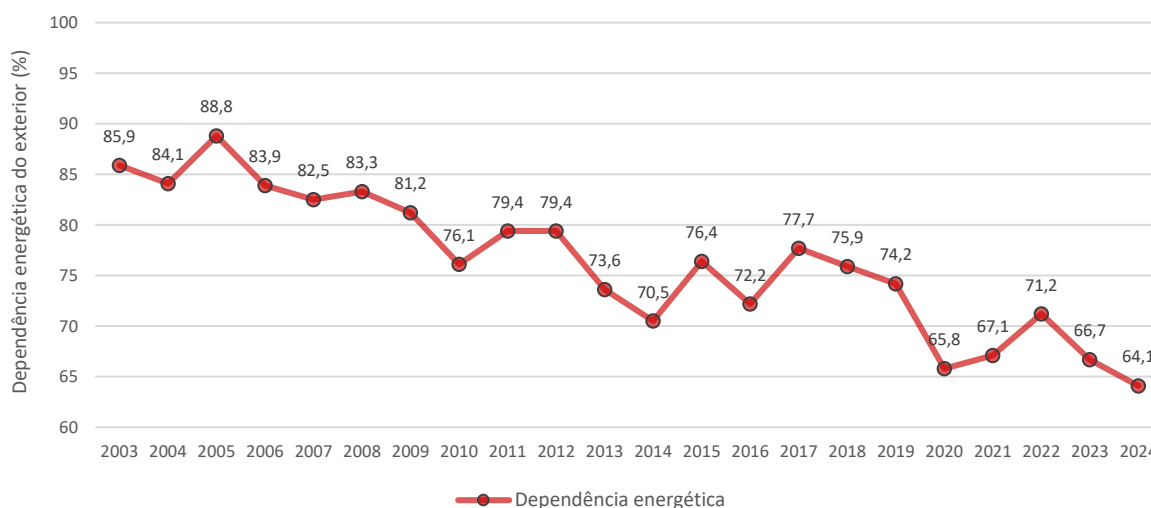


Figura 2 - Evolução da dependência energética em Portugal [69]

Neste panorama, a aposta nas fontes de energia renovável (FER) assume um papel estratégico central. A necessidade de reduzir a exposição aos mercados internacionais de energia, evidenciada pelo comportamento instável da dependência energética ao longo dos anos, levou a que Portugal intensificasse o investimento em fontes endógenas, particularmente a hídrica, a eólica e a solar fotovoltaica.

A trajetória do contributo das fontes renováveis no consumo final bruto de energia tem, nesse sentido, sido uma das componentes mais consistentes da política energética nacional. Desde os primeiros anos da década de 2000, que este indicador tem revelado uma tendência de crescimento

progressivo, impulsionada por programas de incentivo, redução dos custos tecnológicos e maior consciencialização ambiental. O PNEC 2030, na sua última versão, fixou a meta de 51% de incorporação de fontes renováveis no consumo final bruto até 2030, refletindo um reforço face à meta anterior de 47% [30].

Até ao momento, os dados mais recentes indicam que o país se encontra em linha com a trajetória prevista. Em 2022, a quota de renováveis no consumo final bruto atingiu os 34,7%, superando ligeiramente a meta intermédia de 34% definida para 2024 [31]. Este valor reforça a ideia de que, apesar dos constrangimentos existentes, a transição para um sistema mais sustentável está efetivamente em curso. Contudo, importa olhar para estes dados com a devida cautela. O crescimento da quota de renováveis tem sido sustentado, mas não uniforme. Houve anos de estagnação e outros de avanços mais expressivos, frequentemente dependentes da variabilidade hídrica e das condições meteorológicas. Além disso, nem todas as fontes renováveis têm evoluído ao mesmo ritmo, enquanto a hídrica e a eólica mantêm um peso significativo, é a energia solar que, nos últimos anos, tem vindo a destacar-se pelo crescimento mais acentuado, sobretudo graças ao desenvolvimento do autoconsumo fotovoltaico em edifícios de habitação e de serviços [32].

A Figura 3 [28] apresenta esta evolução, permitindo visualizar a progressão da quota de fontes renováveis ao longo das duas últimas décadas, bem como a sua futura projeção à luz das metas definidas pelo Decreto-Lei n.º 84/2022, responsável pela concretização das metas definidas no PNEC. Para além de retratar um esforço continuado, esta figura revela também a pressão crescente que recai sobre os próximos anos, em que o ritmo de integração de renováveis terá de ser ainda mais acelerado para que as metas traçadas sejam efetivamente atingidas.

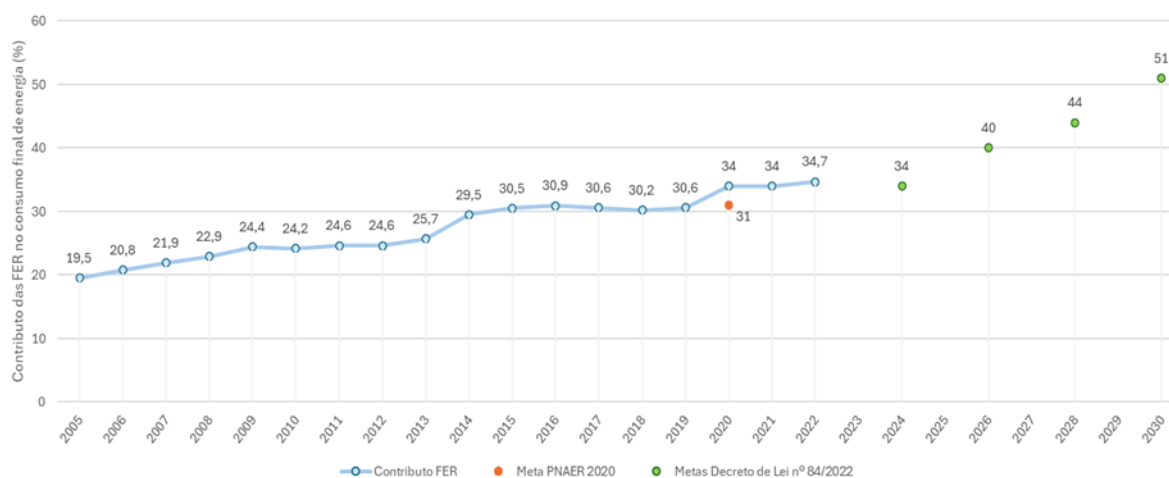


Figura 3 - Contributo das FER no consumo final de energia (Fonte: DGEG)

Para compreender de forma mais concreta os desafios da transição energética, é essencial perceber como se distribui o consumo de energia entre os diferentes setores de atividade. Esta análise permite identificar as áreas com maior impacto energético e, consequentemente, maior potencial de intervenção, seja por via da redução da procura, da eficiência dos sistemas, ou da integração de fontes renováveis.

De acordo com os dados de 2022, o setor dos transportes continua a representar a maior fatia do consumo final de energia em Portugal [28]. Esta realidade é expectável, tendo em conta a forte dependência do transporte rodoviário de passageiros e mercadorias, ainda muito centrado nos combustíveis fósseis. No entanto, este não é o único setor com um peso energético expressivo. Os setores doméstico e dos serviços, quando analisados em conjunto, apresentam também um peso considerável na procura energética nacional. Estes setores são, na prática, os que integram o parque edificado, cuja ineficiência estrutural, aliada à idade média elevada dos edifícios e à dependência de sistemas pouco eficientes, contribui de forma não negligenciável para o consumo nacional. A importância destes dois setores adquire especial destaque, dado que os edifícios de serviços, sobretudo os de maior dimensão e funcionamento contínuo, estão entre os que apresentam maior potencial de otimização energética [28].

A Figura 4 [28] mostra a distribuição do consumo de energia final por setor de atividade em Portugal, no ano de 2022. Esta representação gráfica permite constatar a predominância dos transportes, mas também a expressividade do consumo nos edifícios, reforçando a necessidade de políticas setoriais direcionadas, em particular no edificado, se o país pretende efetivamente cumprir os objetivos de eficiência e alcançar o nível de desempenho exigido pelos nZEB.

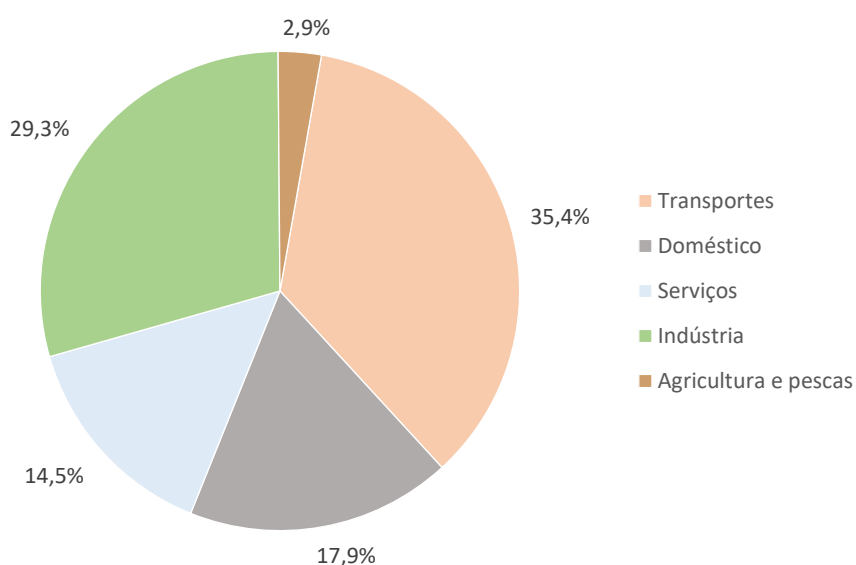


Figura 4 - Consumo de energia final por setor de atividade, em 2022 [27]

A análise do setor dos serviços assume particular relevância neste contexto por corresponder à tipologia do edifício do caso de estudo. Dada a sua importância no consumo energético nacional, é relevante compreender como esse consumo tem evoluído nos últimos anos e de que forma tem sido influenciado pela aplicação de medidas de eficiência energética. De acordo com dados da DGEG, entre 2014 e 2017, o setor dos serviços registou um aumento constante no consumo de eletricidade. Esse crescimento acompanhou uma fase de recuperação económica, durante a qual muitas atividades ligadas aos serviços voltaram a ganhar dinâmica. Houve uma maior ocupação dos edifícios, mais tempo de funcionamento e um aumento da procura por conforto térmico, iluminação e utilização de equipamentos elétricos. A informatização crescente de serviços administrativos e comerciais também contribuiu, ao exigir mais equipamentos e infraestruturas técnicas [33] [34]. Além disso, muitos destes edifícios apresentavam baixos níveis de eficiência energética, o que fez com que mesmo um ligeiro aumento da atividade se refletisse de forma significativa no consumo.

A partir de 2019, verifica-se uma inversão dessa tendência, com uma redução progressiva do consumo até ao final de 2020. Esta diminuição deveu-se à diminuição da ocupação dos edifícios, à redução dos horários de funcionamento e à suspensão de diversas atividades presenciais, como consequência da pandemia. Nos dois anos seguintes, 2021 e 2022, observou-se a normalização dos consumos [28], concordante com o regresso gradual à normalidade.

Este percurso é ilustrado na Figura 5 [28] que apresenta a evolução do consumo de eletricidade no setor dos serviços, o consumo estimado após a implementação das medidas propostas nos certificados energéticos e a respetiva poupança nominal em GWh.

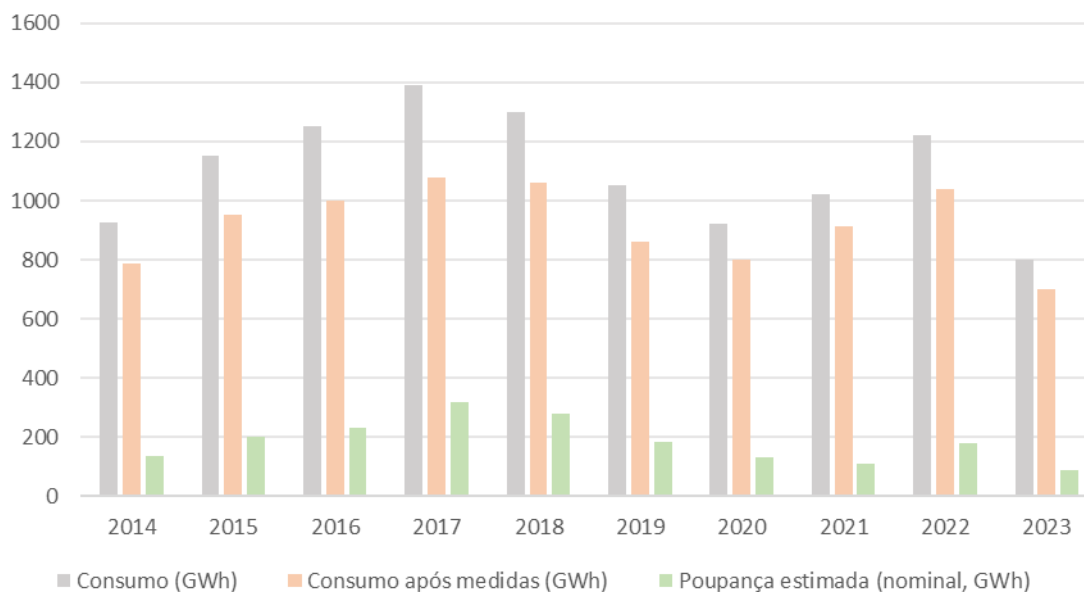


Figura 5 - Evolução do consumo de energia e das poupanças estimadas do setor do comércio e serviços [27]

Em 2023, o consumo declarado nos edifícios de serviços abrangidos pelo sistema de certificação energética (SCE) foi de 794 GWh. Segundo os mesmos dados, a implementação integral das medidas propostas permitiria uma redução de 92 GWh, o que corresponde a uma poupança de aproximadamente 12% em termos nominais. A maior parte das intervenções sugeridas recaem sobre os sistemas de iluminação e os equipamentos AVAC, que tiveram um contributo de 67% do total de medidas propostas em 2023 [28]. Esta prevalência explica-se pelo peso destes sistemas nos consumos dos edifícios, mas também pela viabilidade técnica e económica da sua substituição, nomeadamente em contextos de reabilitação.

O historial de poupanças associadas a medidas tecnicamente acessíveis demonstra o potencial de redução, com impacto mensurável no consumo e, potencialmente, na classificação energética dos edifícios. Esta informação é particularmente relevante no contexto da presente dissertação, ao evidenciar que, mesmo sem intervenções estruturais profundas, já é possível alcançar melhorias significativas no desempenho energético, aproximando os edifícios dos critérios definidos para nZEB.

2.1.3. SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA (SCE)

A consolidação de políticas de eficiência energética em Portugal, particularmente no setor dos edifícios, passou a assumir uma estrutura mais robusta com a criação do Sistema de Certificação Energética (SCE) dos edifícios. Este sistema surgiu em resposta à transposição para o ordenamento jurídico nacional da Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios, conhecida como EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), e reflete a adaptação da legislação portuguesa às exigências impostas a nível europeu [21]. Antes disso, já se verificava um esforço de regulamentação técnica nacional. Em 1998, foi publicado o Decreto-Lei n.º 118/1998, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), estabelecendo requisitos para o dimensionamento e instalação eficiente destes sistemas, antecipando algumas das preocupações que seriam posteriormente integradas no SCE [35].

A implementação do SCE concretizou-se em 2006, com a publicação de três instrumentos legislativos: o Decreto-Lei n.º 78/2006, que aprova o próprio SCE e o sistema de verificação da Qualidade do Ar Interior (QAI), o Decreto-Lei n.º 79/2006, que aprova o novo RSECE e o Decreto-Lei n.º 80/2006, que estabelece o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), substituindo o anterior Decreto-Lei n.º 40/1990. Estes regulamentos tinham como objetivo garantir a aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios, promovendo a redução do consumo e das emissões associadas, e introduziram pela primeira vez a obrigatoriedade da certificação energética para novos edifícios e grandes renovações [36].

Com a publicação da Diretiva 2010/31/UE, que revogou a anterior e introduziu novas metas e exigências, Portugal procedeu à sua transposição através do Decreto-Lei n.º 118/2013. Este decreto reuniu os três regulamentos anteriores num sistema mais integrado, abrangendo dois regulamentos específicos: o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Para além da simplificação do enquadramento normativo, a nova legislação introduziu também metodologias de cálculo mais exigentes e o aumento do âmbito de aplicação da certificação [37].

Mais recentemente, a aprovação da Diretiva (UE) 2018/844, no contexto do pacote “Energia Limpa para todos os Europeus”, impulsionou uma nova atualização da legislação nacional. Esta diretiva, centrada na promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB) e na modernização dos sistemas técnicos, foi transposta em Portugal através do Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Este instrumento veio revogar o anterior Decreto-Lei n.º 118/2013, consolidando o novo enquadramento regulamentar aplicável ao desempenho energético dos edifícios [9]. Entre as alterações introduzidas, destacam-se a redefinição das classes energéticas, o reforço da obrigatoriedade de inspeções aos sistemas técnicos, a imposição de requisitos específicos para a integração de energias renováveis, bem como a adoção de sistemas de automatização e controlo dos edifícios (SACE).

A evolução do enquadramento legislativo nacional é apresentada na Figura 6 [9].

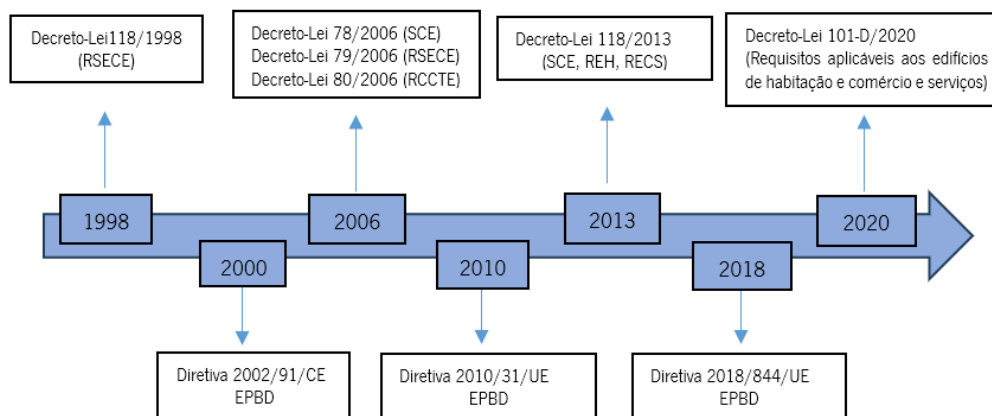


Figura 6 - Evolução do Sistema de Certificação Energética (SCE) [9]

O novo SCE estabelece um conjunto de requisitos que variam consoante o tipo de edifício (habitação ou comércio e serviços) e a fase do seu ciclo de vida (novo, renovado, existente). O processo para a avaliação energética deve ser conduzido por peritos qualificados (PQ), e basear-se em critérios técnicos que incluem o desempenho da envolvente, a eficiência dos sistemas técnicos (climatização, ventilação, AQS e iluminação), os perfis de utilização e a simulação dinâmica dos consumos [36]. O

resultado desta avaliação é expresso num certificado energético, atribuído com uma classificação que varia de F (menos eficiente) a A+ (mais eficiente), indicando também medidas de melhoria a adotar para a otimização do desempenho.

A gestão do SCE é feita pela ADENE, a quem compete a coordenação técnica e operacional do sistema. As funções de supervisão e fiscalização estão ao encargo de várias entidades, incluindo a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), a Direção-Geral da Saúde (DGS) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), nomeadamente no que diz respeito à verificação das condições da QAI e ao cumprimento das obrigações regulamentares [36].

No setor dos edifícios, que representa uma fatia significativa do consumo energético nacional, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) tem desempenhado um papel importante para o desempenho energético do setor na avaliação de medidas de melhoria.

A Figura 7 [28] representa a distribuição das classes energéticas atribuídas aos edifícios de comércio e serviços certificados entre 2014 e 2023. Os dados mostram que, apesar de ainda haver um caminho a percorrer, a maioria dos edifícios apresenta classes C e B-, o que revela a proximidade à classe B exigida para edifícios novos. Esta distribuição aponta para um parque edificado em transformação, composto por edifícios mais antigos e outros que já beneficiaram de intervenções.

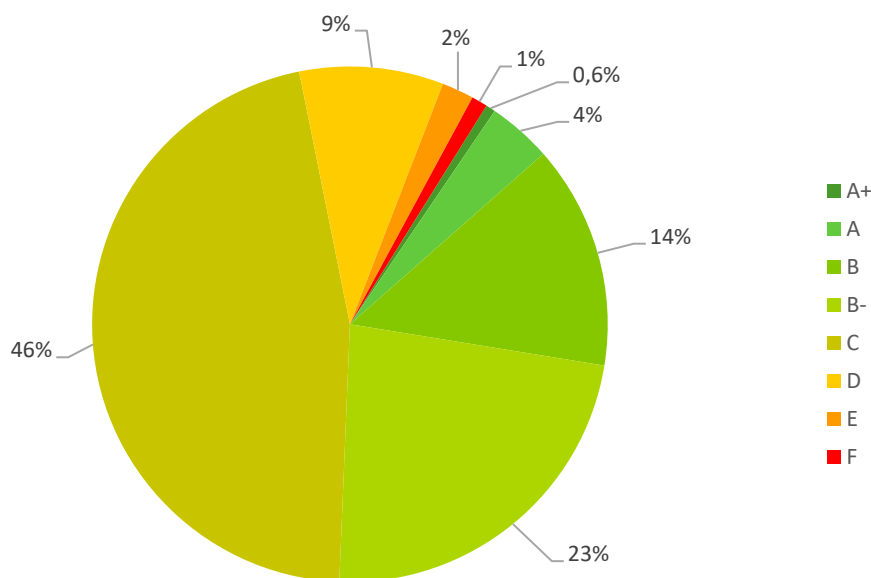


Figura 7 - Classe energética do parque certificado de comércio e serviços [2014-2023] (Fonte: ADENE)

Entre 2008 e 2023, foram emitidos cerca de 292 mil certificados energéticos no setor dos edifícios de comércio e serviços, ainda assim, muitas das recomendações incluídas nesses certificados não têm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

sido implementadas, devido à falta de incentivos económicos ou a constrangimentos técnicos que dificultam a sua aplicação [28].

2.2. EDIFÍCIOS DE BALANÇO ENERGÉTICO QUASE NULO (nZEB)

Este ponto aborda os principais conceitos associados aos nZEB e o enquadramento regulatório que define as suas metas, tanto ao nível europeu como no contexto nacional, servindo de base para o aprofundamento nos subcapítulos seguintes.

2.2.1. DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

A expressão *Nearly Zero Energy Building* (nZEB), traduzida para português como edifício com necessidades quase nulas de energia, refere-se a construções com um desempenho energético muito elevado, em que a quantidade de energia necessária para o funcionamento diário é bastante reduzida e, em grande parte, assegurada por fontes renováveis produzidas localmente [38].

Este conceito surge como resposta à necessidade de transição para um parque edificado mais eficiente, resiliente e sustentável, com menores impactos ambientais e menor dependência de energia fóssil.

Ao contrário de edifícios convencionais, cujo consumo energético tende a ser elevado e pouco controlado, um edifício nZEB baseia-se numa abordagem integrada. A lógica de funcionamento parte da redução das necessidades energéticas na origem, por via de uma envolvente eficiente e de soluções passivas adaptadas ao clima, e só depois considera os sistemas técnicos e a produção de energia [39]. Ao contrário do que o termo “quase nulo” pode sugerir, o objetivo não é eliminar por completo o consumo energético, mas sim garantir um equilíbrio entre consumo e produção renovável, num balanço anual, mantendo o conforto dos ocupantes [40]. A definição de nZEB implica, assim, mais do que cumprir requisitos legais, uma mudança na forma de conceber, construir e utilizar os edifícios. O desempenho energético deixa de ser um elemento adicional para passar a ser um princípio orientador do projeto, com impactos ao nível da arquitetura, engenharia, operação e manutenção do edifício [41].

A concretização do conceito depende do contexto climático, do uso do edifício e das soluções tecnológicas disponíveis. Por essa razão, os critérios quantitativos que definem um edifício nZEB variam de país para país, sendo adaptados à realidade local através de regulamentação própria [40].

Neste ponto, interessa reter que os edifícios nZEB representam uma evolução na abordagem ao desempenho energético centrada na eficiência, na produção limpa e na compatibilização entre conforto

e sustentabilidade. São também uma peça estratégica na concretização dos objetivos nacionais e europeus em matéria de transição energética e descarbonização do setor da construção.

2.2.2. ENQUADRAMENTO nZEB

A introdução do conceito nZEB surgiu no contexto da crescente ambição europeia para reduzir o consumo energético e as emissões de carbono do setor da construção. Com um parque edificado responsável por cerca de 40% do consumo final de energia na União Europeia [8], tornou-se evidente que a eficiência energética, por si só, já não era suficiente. Era necessário dar um salto qualitativo e adotar soluções integradas que combinassem desempenho térmico elevado, produção local de energia renovável e conforto interior.

Foi com a EPBD I, que o conceito nZEB foi oficialmente introduzido. A diretiva define estes edifícios como construções com um desempenho energético muito elevado, sendo que a quantidade quase nula ou muito reduzida de energia exigida deve ser assegurada, por fontes renováveis, de preferência instaladas no próprio edifício ou nas suas imediações [22]. Esta revisão estabeleceu ainda metas temporais claras, a partir de 2019, todos os edifícios públicos novos deveriam respeitar o padrão nZEB, estendendo-se a obrigatoriedade a todos os edifícios novos a partir de 2021. No entanto, a diretiva não impôs uma definição técnica única para os nZEB, permitindo que cada EM adaptasse os critérios aos seus contextos. Esta flexibilidade acabou por gerar abordagens heterogêneas, o que dificultou a comparação direta entre os edifícios nZEB de diferentes países. Relatórios como o do Buildings Performance Institute Europe [40] destacam precisamente essa disparidade, salientando a importância de progressivamente harmonizar as práticas a nível europeu.

A revisão seguinte, através da EPBD II, manteve o foco no conceito nZEB, mas alargou o seu âmbito à renovação profunda do edificado existente. Esta diretiva introduziu a obrigatoriedade de elaborar estratégias nacionais de longo prazo para a renovação do parque edificado, visando a neutralidade carbónica até 2050 [23]. A ideia era aplicar os princípios dos edifícios nZEB não apenas a novas construções, mas também à reabilitação de edifícios com pior desempenho energético, promovendo soluções eficientes e integradas com fontes de energia limpa.

Mais recentemente, no âmbito do pacote legislativo *Fit for 55*, a Comissão Europeia apresentou uma proposta de nova reformulação da diretiva, através do documento COM/2021/802 final. Esta proposta introduz o conceito de edifício com zero emissões (ZEB – *Zero Emission Building*), prevendo que todos os novos edifícios passem a obedecer a este novo padrão a partir de 2030, e já a partir de 2027 no caso dos edifícios públicos [42]. Os ZEB representam um novo nível de exigência, que mantém

a lógica de elevada eficiência e incorporação de renováveis, mas exige também que as emissões associadas à utilização do edifício sejam nulas.

No caso dos edifícios nZEB em Portugal, a legislação estipula que estes devem apresentar um consumo muito reduzido de energia primária, sendo grande parte das necessidades satisfeita por fontes renováveis produzidas localmente ou nas imediações. Esta abordagem está alinhada com os objetivos do PNEC 2030, que identifica os edifícios nZEB como peças-chave para reduzir emissões e melhorar a eficiência do setor da construção [27].

Para tornar mais clara a classificação dos edifícios como nZEB no âmbito do SCE, foi publicado o Despacho n.º 6476-E/2021, que aprova os requisitos mínimos de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios [43]. Estes critérios baseiam-se em indicadores como o consumo de energia primária, a quota de renováveis e o desempenho energético global do edifício. A Figura 8 [43] apresenta estes valores de referência para edifícios novos, considerados nZEB de acordo com este despacho.

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a B
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 0,75$
Energia primária renovável	$Ren_{C\&S} \geq 0,50$ ⁽¹⁾
Energia primária fóssil	$IEE_{fossil,S} \leq 0,75 \times IEE_{ref,S}$

⁽¹⁾ Apenas aplicável quando existam necessidades de AQS.

Figura 8 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [43]

De acordo com os critérios definidos, apenas os edifícios que cumpram os requisitos previstos para edifícios novos podem ser classificados como nZEB. Isto aplica-se tanto a edifícios recém-construídos como a edifícios existentes que, após intervenção, cumpram os mesmos critérios.

Para os edifícios existentes sujeitos a grandes renovações, isto é, edifícios cujas intervenções ultrapassem em 25% o valor do edifício [45], os requisitos apresentados na Figura 9 [43] não conferem a classificação nZEB, mas sim condições mínimas de desempenho energético a garantir após a obra.

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a C
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 1,50$
Energia primária renovável	$Ren_{C\&S} \geq 0,50$ ⁽¹⁾
Energia primária fóssil	$IEE_{fossil,S} \leq IEE_{ref,S}$

⁽¹⁾ Apenas aplicável quando existam necessidades de AQS e quando a rede de distribuição e o sistema produtor de AQS sejam cumulativamente renovados.

Figura 9 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação [43]

Assim, a classificação nZEB aplica-se exclusivamente aos edifícios que cumpram os requisitos da Figura 8, ou seja, os definidos para edifícios novos. Esta classificação pode, no entanto, ser atribuída a edifícios existentes, desde que, após renovação, atinjam os mesmos níveis de desempenho exigidos a edifícios novos.

A definição nacional dos nZEB segue as linhas gerais da diretiva europeia, mas foi ajustada à realidade portuguesa. A existência de zonas climáticas distintas, as diferenças construtivas regionais e o grau de maturidade tecnológica do setor justificam a adoção de critérios adaptados, tanto ao nível dos consumos como da envolvente térmica e dos sistemas técnicos.

Na prática, atingir o nível nZEB implica uma abordagem integrada, que passa por:

- envolvente bem isolada e desenhada para o clima local;
- utilização de equipamentos eficientes para aquecimento, arrefecimento, AQS e iluminação;
- produção local de energia renovável

Com regras claras e objetivos quantificáveis, a legislação nacional permite aos técnicos e projetistas avaliar o desempenho energético dos edifícios de forma objetiva, facilitando a adoção de soluções viáveis e alinhadas com os compromissos ambientais do país.

2.3. SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

A simulação energética tem vindo a ganhar cada vez mais importância na forma como se projeta e pensa um edifício. Atualmente, já não se trata apenas de calcular consumos no final do processo, mas sim de usar essa simulação como apoio real à decisão, desde as fases iniciais do projeto. Esta abordagem permite perceber de forma antecipada como o edifício se vai comportar em termos térmicos e energéticos e avaliar o impacto de diferentes soluções construtivas, estratégias de ventilação, materiais e sistemas técnicos. Isto torna-se especialmente relevante em edifícios com usos mais complexos, como os de comércio e serviços, onde as variações de ocupação, os sistemas técnicos envolvidos e as exigências de conforto são muito distintas e exigem respostas ajustadas [5].

O processo de simulação pode ser dividido em três etapas fundamentais. No pré-processamento, o utilizador constrói o modelo geométrico e introduz os dados necessários: características da envolvente, sistemas de climatização, cargas internas, horários de ocupação e condições climáticas do local. No processamento, o *software* de simulação calcula os fluxos energéticos e térmicos com base em modelos matemáticos que representam a transferência de calor, o funcionamento dos sistemas e o balanço energético ao longo das 8760 horas do ano. Por fim, no pós-processamento, os resultados são organizados e analisados, permitindo extrair consumos de energia, temperaturas interiores, cargas

térmicas ou horas fora dos limites de conforto [54]. A qualidade dos dados introduzidos no modelo é fundamental para garantir que os resultados são fiáveis. Sempre que possível, o ideal é calibrar o modelo com dados reais, nomeadamente medições em edifícios existentes ou dados de faturas energéticas, para validar e afinar a simulação.

A simulação energética é também uma forma de entender como o edifício responde termicamente e de que forma se pode melhorar o seu comportamento. Existem métricas que ajudam nessa análise. Uma delas é o *Thermal Deviation Index* (TDI), que mede o desvio entre a temperatura interior simulada e os limites de conforto. Este tipo de indicador é útil para perceber se um espaço se mantém confortável ao longo do ano [55]. Outro indicador frequentemente utilizado em simulações dinâmicas é o *Discomfort Degree Hours* (DDH), que resulta da soma das diferenças entre a temperatura interior e os limites de conforto em todas as horas em que os limites são ultrapassados. Ao contrário do TDI, o DDH permite quantificar quão severo é esse desconforto [56], oferecendo uma leitura mais precisa do impacto térmico em diferentes zonas ou períodos do ano.

Os *software* utilizados para simulação energética devem cumprir determinados requisitos técnicos, de acordo com a norma ASHRAE 140, nomeadamente a capacidade de modelar mais do que uma zona térmica, a resolução horária ao longo de um ano civil, a variação de cargas internas, a parametrização de termostatos por zona e período e a inércia térmica dos materiais [54].

Apesar dos avanços nas ferramentas, a integração entre modelos BIM e *software* de simulação continua a ter alguns desafios. A exportação de dados no formato gbXML facilita este processo, mas nem sempre corre sem perdas ou incompatibilidades, sobretudo quando se pretende ir além da simulação energética e incluir, por exemplo, avaliações de ciclo de vida [57]. Para ultrapassar algumas destas dificuldades, há propostas mais recentes que usam linguagens de modelação orientadas a objetos que permitem representar sistemas através de equações diferenciais, facilitando a simulação simultânea de fenómenos térmicos, mecânicos e energéticos [58].

No fim, mais do que uma obrigação técnica ou legal, a simulação energética tornou-se numa ferramenta útil e estratégica, ajudando a evitar erros, a otimizar recursos e a tomar decisões com base em dados plausíveis. Quando bem usada, permite conceber edifícios mais eficientes, ajustados ao seu contexto e, acima de tudo, pensados de forma mais inteligente.

2.3.1. REVIT

O *Revit*, da *Autodesk*, é uma das ferramentas mais utilizadas na modelação de edifícios, sendo particularmente valorizada no contexto da dissertação, pelo seu contributo na fase de preparação para a

análise energética. A sua principal mais-valia, neste contexto, está na capacidade de associar informação técnica aos elementos geométricos, permitindo que componentes como paredes, coberturas, pavimentos ou vãos incluam dados sobre a sua composição, espessura, densidade e características térmicas, fundamentais para a avaliação do desempenho do edifício [57].

A partir da definição de espaços e elementos construtivos, o *Revit* é capaz de gerar automaticamente um modelo analítico de energia, constituído por zonas e superfícies, que refletem as zonas térmicas e os elementos da envolvente, respetivamente. Este modelo, ajustado com base nos volumes e nos dados inseridos, pode ser exportado em formatos compatíveis com ferramentas de cálculo, como o gbXML, garantindo assim a possibilidade de continuidade entre o projeto e a análise energética [59].

Para além da componente geométrica, é possível configurar perfis de ocupação, definir cargas internas associadas à iluminação e aos equipamentos e associar sistemas técnicos de climatização. No entanto, a fiabilidade da informação exportada depende fortemente da forma como o modelo foi preparado. A utilização de objetos genéricos ou a configuração incorreta de espaços pode comprometer a qualidade do modelo exportado, levando à perda de informação ou à necessidade de ajustes posteriores [60]. O tipo de modelação adotado influencia significativamente o resultado. Modelos criados com massas conceptuais tendem a simplificar a geometria, o que reduz a ocorrência de erros e acelera a exportação. Por outro lado, modelos mais detalhados, embora mais representativos da realidade, implicam maior complexidade na geração do modelo analítico e na sua conversão para análise [60].

Apesar dos desafios identificados, o programa continua a ser uma base sólida para a estruturação de modelos energéticos, sobretudo quando utilizado com boas práticas e com atenção às exigências da simulação.

2.3.2. DESIGNBUILDER

O *DesignBuilder* é uma ferramenta de simulação energética que funciona como interface gráfica para o motor de cálculo *EnergyPlus*, reconhecido pela sua capacidade de representar ao pormenor o comportamento térmico, os sistemas técnicos e os consumos energéticos dos edifícios. Através deste software, é possível realizar simulações dinâmicas, ajustando o número de intervalos de cálculo por hora (*time-steps*) em função do tipo de análise [61]. O modelo é estruturado em quatro níveis: edifício, bloco, zona e superfície, aos quais podem ser atribuídas propriedades geométricas, construtivas e operacionais. As definições introduzidas em níveis superiores são automaticamente aplicadas aos níveis inferiores, no entanto, qualquer alteração feita a um nível inferior prevalece sobre os níveis acima. Esta organização hierárquica permite a gestão e a parametrização mais eficiente dos dados [62]. O programa permite

ainda a importação de modelos no formato gbXML, mantendo as propriedades específicas dos elementos definidos na origem.

Para apoiar o utilizador, o *DesignBuilder* disponibiliza bibliotecas internas com dados de referência sobre sistemas construtivos, equipamentos, ventilação, perfis de ocupação e iluminação. Parte destes dados baseia-se em normas reconhecidas, como ASHRAE ou CIBSE, enquanto outros foram desenvolvidos pelo *DesignBuilder* para garantir a aplicabilidade a diferentes contextos [61]. Estas bibliotecas podem ser utilizadas conforme se apresentam ou ajustadas consoante os requisitos do edifício em estudo, sendo que, quando os *inputs* refletem as características reais de utilização, os resultados tendem a ser mais representativos.

Para além da simulação energética geral, o *software* permite realizar simulações específicas de *Heating Design* e *Cooling Design*, com o intuito de estimar as cargas térmicas máximas em condições de inverno e verão, respetivamente, úteis para o dimensionamento dos sistemas de climatização e para a análise do desempenho da envolvente em situações extremas [63][64]. Adicionalmente, este programa disponibiliza ferramentas gráficas e analíticas que facilitam a leitura dos resultados e a comparação entre alternativas.

Ao encontro do mencionado, através deste programa é possível testar e validar medidas de melhoria, avaliando o seu impacto nos consumos do edifício e no conforto dos seus ocupantes. Esta vertente torna-se particularmente útil na definição das intervenções e na otimização do edifício apresentado no caso de estudo, no capítulo 3. A sua utilização tem vindo a afirmar-se tanto em ambiente académico como profissional, sendo reconhecido como um apoio à tomada de decisão em projetos com preocupações de eficiência e sustentabilidade.

3. CASO DE ESTUDO

Neste capítulo, é caracterizado e descrito o edifício em análise, de acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, abordando a sua envolvente, sistemas técnicos e equipamentos consumidores de energia. O estudo segue a metodologia estipulada no Manual SCE [45], com suporte em ferramentas de modelação e simulação energética. Serão também apresentados neste capítulo, os perfis de iluminação, utilização de equipamentos e ocupação, importantes para a simulação dinâmica tratada no capítulo seguinte.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

3.1.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício, com construção anterior a 2009, situa-se na Avenida Infante D. Henrique, localizado na freguesia de Rio de Mouro no município de Sintra, pertencente ao distrito de Lisboa, a uma altitude de 152 m e a uma distância de 11 km da costa (Figura 10), com coordenadas geográficas de latitude 38,786197° e longitude -9,326633°. De acordo, com o capítulo 5 do Manual SCE [45] (LOCALIZAÇÃO, ENTORNO E CLIMA), é possível associar este edifício à região A, tendo em conta uma distância à costa superior a 5 km e altitude inferior a 600 m.

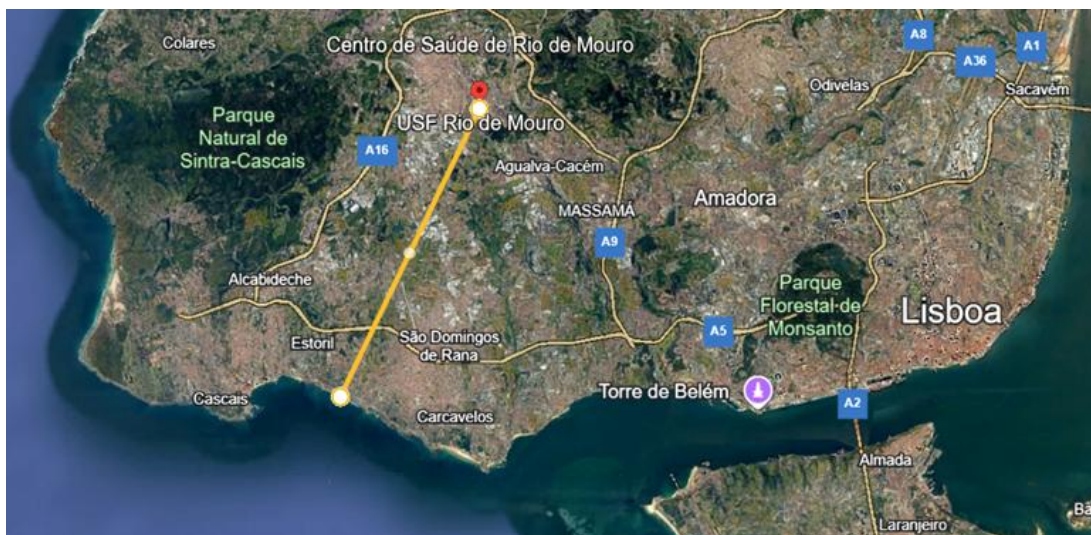


Figura 10 - Representação da distância do edifício à costa

Trata-se de um grande edifício de serviços dada a sua utilização e área de pavimento [10], cuja tipologia principal é Centros de Saúde, com uma área total de 1571,9 m², com pé direito médio de 2,79 m, da qual 1461,5 m² representam área útil de pavimento, (com um pé direito médio de 2,79 m) e

110,4 m² correspondem à área de espaços não úteis (com pé direito médio de 2,8 m), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição da área de pavimento por espaços úteis e não úteis

Tipologias	Edifício		Área útil		Área não útil	
	Área (m ²)	PD (m)	Área (m ²)	PD (m)	Área (m ²)	PD (m)
Centros de saúde	1571,9	2,79	1461,5	2,79	110,4	2,8

O edifício é constituído por 3 pisos, compostos essencialmente pelos seguintes espaços:

- Salas de espera;
- Gabinetes médicos;
- Salas de tratamentos;
- Sala de reuniões;
- Corredores;
- Instalações sanitárias;
- Copas;
- Arrumos;
- Fisioterapia;
- Farmácia;
- Salas técnicas.

O edifício apresenta ainda um espaço exterior central, designado por pátio interior daqui em diante. Este espaço permite a entrada de luz natural e promove a ventilação cruzada, funcionando como elemento de articulação entre os diferentes blocos construtivos. Na Figura 11 é possível observar a imagem satélite do edifício e a sua fachada principal orientada a noroeste.



Figura 11 – Imagem satélite do edifício de estudo e fachada principal orientada a noroeste

Para a caracterização do edifício, é também relevante distinguir os espaços úteis dos espaços não úteis (ENU), classificação essa que tem implicações na definição da envolvente térmica e no processo de avaliação do desempenho energético. De acordo com o Manual SCE [45], consideram-se espaços úteis aqueles onde se verifica presença humana superior, em média, a duas horas por dia, durante o período de funcionamento do edifício, e que apresentem uma densidade de ocupação superior a 0,025 ocupantes/m².

Com base nestes critérios, no piso -1 foram considerados espaços não úteis os espaços assinalados a amarelo na Figura 12, designadamente o posto de transformações, a sala do servidor e as áreas de arrumos. No rés do chão, todos os compartimentos foram considerados úteis (Figura 13), assim como no piso 1, com exceção da entrada lateral orientada a nordeste, igualmente representada a amarelo na planta correspondente a este piso (Figura 14). O edifício conta ainda com um desvão superior não habitável e fortemente ventilado, devido às frinchas existentes entre as telhas, pelo que também foi classificado como espaço não útil.

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

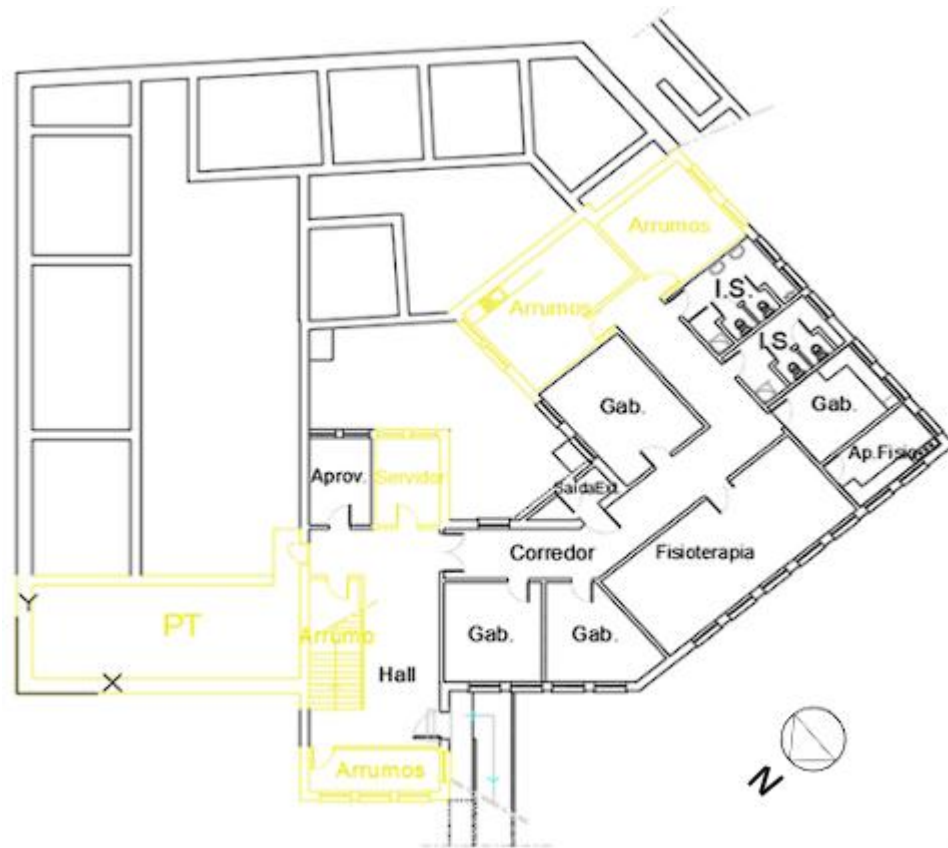


Figura 12 - Planta do piso -1, com identificação a amarelo dos espaços não úteis

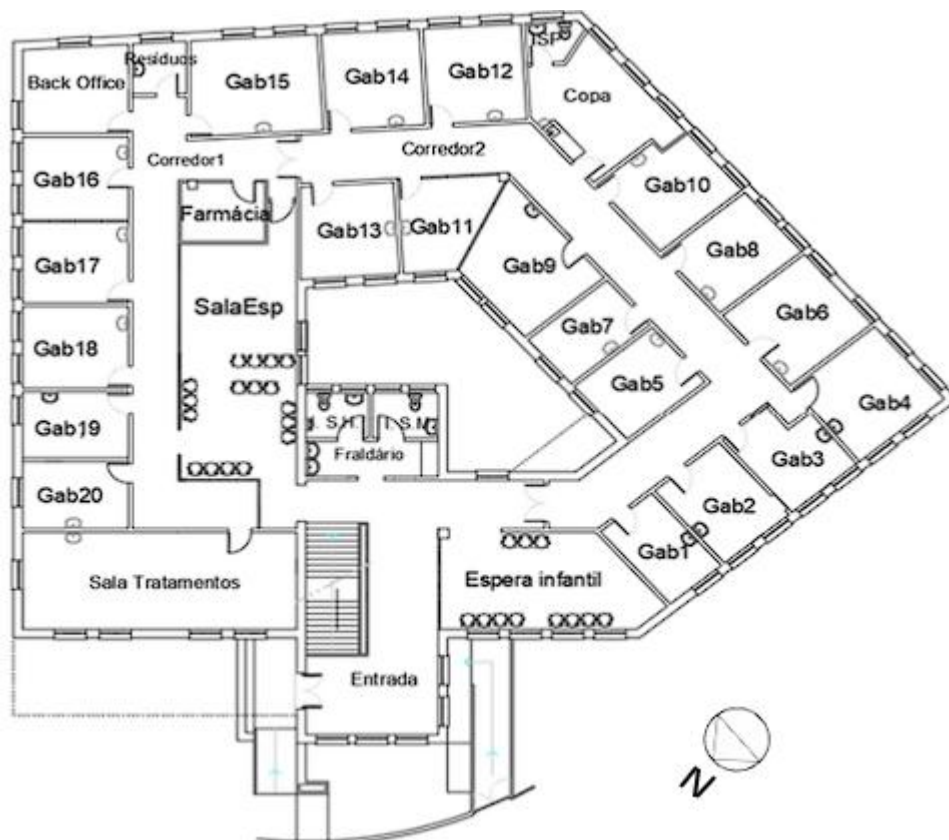


Figura 13 - Planta do rés do chão, com identificação a amarelo dos espaços não úteis

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

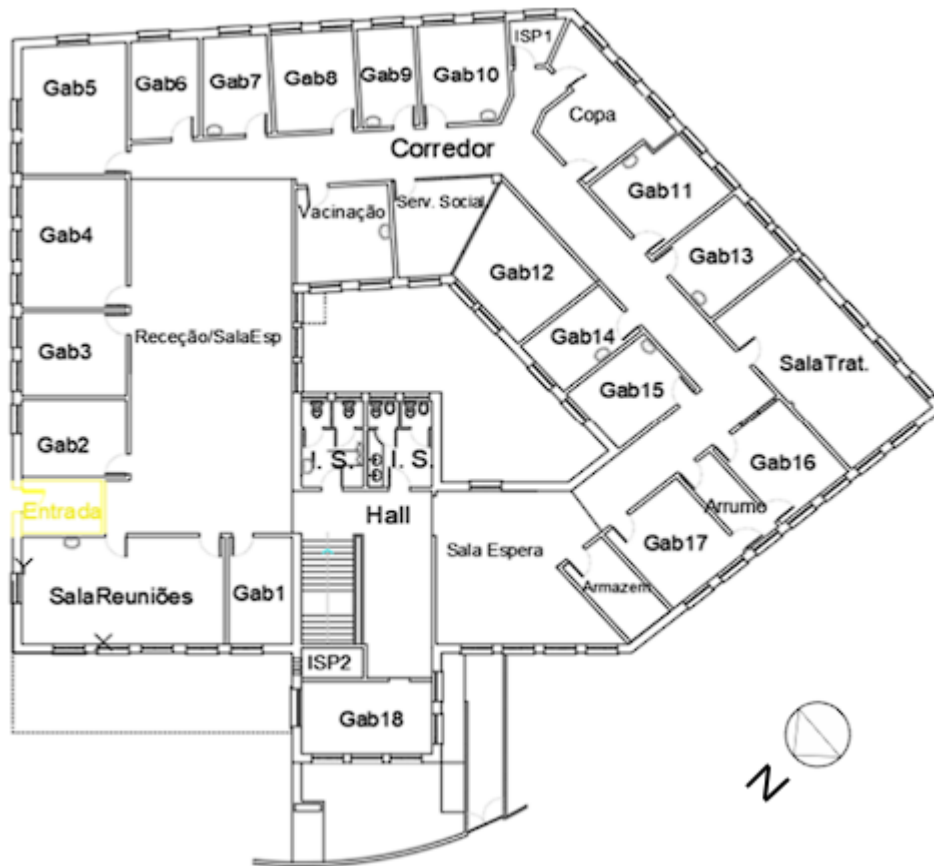


Figura 14 - Planta do piso 1, com identificação a amarelo dos espaços não úteis

3.1.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO

Em Portugal, as zonas climáticas, classificadas de I1 a I3 para o inverno e de V1 a V3 para o verão (Figura 15), condicionam as necessidades de aquecimento e arrefecimento, influenciando o dimensionamento de isolamentos térmicos, envidraçados e sistemas de climatização [65].

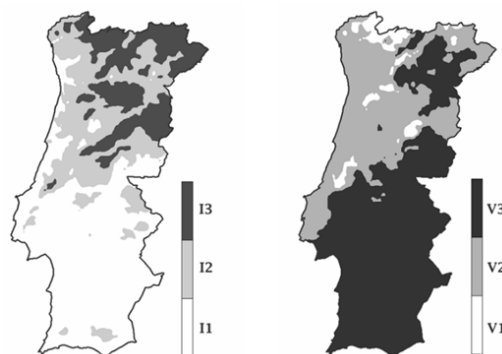


Figura 15 - Zonas climáticas de inverno e verão, respetivamente [65]

Os valores dos parâmetros climáticos (X) associados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência (X_{REF}) para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local (Z), segundo a Equação (1).

$$X = X_{REF} + \alpha(Z - Z_{REF}) \quad (1)$$

A zona climática de inverno é definida a partir do número de graus-dias (GD) na estação de aquecimento, na base de 18 °C, de acordo com a Tabela 2, enquanto a de verão é definida a partir da temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), de acordo com a Tabela 3.

Tabela 2 - Zona climática de inverno

Critério	$GD \leq 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$1300 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq GD \leq 1800 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$GD > 1800 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Zona climática inverno	I1	I2	I3

Tabela 3 - Zona climática de verão

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

Segundo o Anexo II do Manual SCE [45], o concelho de Sintra pertence à zona climática da Grande Lisboa e, através da aplicação da metodologia referida é obtida a classificação de zona climática de inverno I1, com 1144 °C · dias, e de zona climática de verão V2, com 21.3 °C de temperatura média no verão, conforme representado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados obtidos para determinação das zonas climáticas através da metodologia aplicada

Estação de Aquecimento	GD _{REF} [°C]	α [°C/km]	Z [km]	Z _{REF} [km]	GD [°C]	Zona climática
	1071	1700	0.152	0.109	1144	I1
Estação de Arrefecimento	$\theta_{ext,vREF}$ [°C]	α [°C/km]	Z [km]	Z _{REF} [km]	$\theta_{ext,v}$ [°C]	Zona climática
	21,7	-10	0.152	0.109	21.3	V2

3.1.3. MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE

A marcação da envolvente do edifício foi realizada de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual SCE [45]. Para tal, foi adotado o sistema de cores descrito na Tabela 5, que distingue as superfícies em função da sua condição fronteira.

Tabela 5 - Código de cores para marcação da envolvente

Código de cores (RGB)	Condição fronteira
Vermelho (255,0,0)	Exterior
Amarelo (255,255,0)	Interior com $bztu > 0,7$
Azul (0,0,255)	Interior com $bztu \leq 0,7$
Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas
Ciano (0,255,255)	Solo

A representação gráfica foi realizada sobre a superfície interior dos elementos, com a utilização de linhas contínuas para as paredes e das tramas apresentadas na Figura 16 para os pavimentos e coberturas.

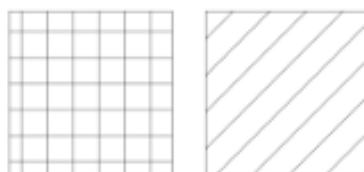


Figura 16 - Marcação de pavimentos e coberturas, respetivamente

Nos elementos em contacto com espaços não úteis, a definição da condição fronteira teve por base o coeficiente de redução de perdas térmicas ($bztu$), que permite avaliar a influência térmica desses espaços sobre os elementos adjacentes.. Estes valores foram determinados segundo a metodologia descrita no Anexo 1. A Tabela 6 apresenta os valores de $bztu$ considerados para os diferentes espaços não úteis do edifício.

Tabela 6 - Coeficientes de redução dos espaços não úteis

Zona	$bztu$
PM1B002ArrumosA	0,3
PM1B003ArrumosB	0,6
PM1B005ArrumosC	0,4
PM1B006ArrumosD	0,5
PM1B001PT	0,4
PM1B004Servidor	0,6
P01B001Entrada	0,3
P01D001Desvao	1,0

A correspondência entre estes valores e a delimitação da envolvente térmica está refletida nas plantas apresentadas no Anexo 2.

3.1.4. ENVOLVENTE OPACA

3.1.4.1. PAREDES, PAVIMENTOS, COBERTURAS E PTP

No caso do edifício em análise, não foram disponibilizados detalhes relativos ao projeto de arquitetura, resultando na ausência de informações sobre a composição das soluções construtivas da envolvente opaca. Dessa forma, para as paredes, foram considerados os valores de coeficiente de transmissão térmica (U) por defeito indicados na Tabela 25 do Manual SCE [45], enquanto para as coberturas e pavimentos, foram utilizados os valores apresentados na Tabela 26 do mesmo manual.

Posteriormente foram tidos em conta os efeitos das pontes térmicas lineares (PTL) e da inércia térmica.

- Paredes exteriores:

As paredes exteriores do edifício foram diferenciadas em dois tipos, PE1 e PE2, consoante a espessura. A PE1 é constituída por parede simples com 35 cm de espessura, massa volúmica de 750 kg/m³ e resistência térmica de 0,77 m².°C/W, não tendo sido possível apurar a existência de isolamento térmico. A Tabela 7 apresenta as propriedades dos materiais que constituem a solução construtiva da parede e o respetivo coeficiente de transmissão térmica agravado em 35%, tendo em conta que as pontes térmicas planas não foram identificadas.

Tabela 7 - Descrição construtiva adotada por defeito para parede exterior, PE1

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,35	750	0,602
R _{Si}			0,13
R _{Se}			0,04
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,772
Coeficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			1,296

Esta tipologia de parede apresenta duas nomenclaturas distintas, de acordo com os espaços que delimita, isto é, PE1 diz respeito às paredes que envolvem externamente todos os espaços úteis do

edifício, enquanto, PE1B remete às paredes que separam os espaços não úteis do ambiente exterior, conforme o Anexo 4.

A PE2, por sua vez, é composta por uma parede simples de 15 cm de espessura, com massa volúmica de 1000 kg/m^3 e uma resistência térmica de $0,337 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ (Tabela 8). Tal como na PE1, não foi possível confirmar a presença de isolamento térmico.

Tabela 8 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede exterior, PE2

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m^3]	Resistência térmica [$(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,15	1000	0,167
R _{Si}			0,13
R _{Se}			0,04
Resistência térmica total, R _t [$(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$]			0,337
Coefficiente de transmissão térmica, U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]			2,97

- Paredes Interiores e de Compartimentação

Como mencionado anteriormente, devido à ausência de informação sobre a constituição das paredes, foram utilizados valores de U por defeito (Tabela 25 Manual SCE [45]). Estes valores referem-se a elementos com condição de fronteira exterior (U_{ext}) e incluem as resistências térmicas superficiais R_{si} e R_{se}. Neste caso, por se tratar de elementos com fronteira interior, é necessário ajustar as resistências térmicas superficiais, de acordo com a metodologia apresentada no Anexo 3.

As paredes que separam os diferentes espaços no interior do edifício encontram-se divididas em: paredes interiores e paredes de compartimentação. Constituídas pelo mesmo material e espessura diferente, as paredes interiores, PINT1 e PINT2, são as paredes que fazem fronteira entre espaços úteis e não úteis e encontram-se presentes nos pisos -1 e 1 (Anexo 4). Nas Tabelas 9 e 10 é possível observar as suas constituições respetivas.

Tabela 9 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede interior, PINT1

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,35	750	0,602
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,862
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			1,16

Tabela 10 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede interior, PINT2

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,15	1000	0,167
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,427
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,34

As paredes de compartimentação, por sua vez, são todas as paredes interiores que separam os diferentes espaços úteis do edifício. Estas paredes são divididas em cinco tipologias: PCOMP1, PCOMP2, PCOMP3, PCOMP4 e PCOMP5, de acordo com as espessuras 35cm, 20cm, 15cm, 10cm e 7cm respetivamente. Nas tabelas abaixo é possível observar a constituição por defeito assumida para estas paredes, bem como o respetivo coeficiente de transmissão térmica (U_{int}), considerando o agravamento de 35% sobre o valor do coeficiente de transmissão térmica por defeito presente na Tabela 25 do Manual SCE [45].

Tabela 11 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP1

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,35	750	0,602
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,862
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			1,16

Tabela 12 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP2

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,2	750	0,266
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,526
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			1,90

Tabela 13 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP3

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,15	1000	0,167
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,427
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,34

Tabela 14 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP4

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,1	1000	0,167
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,427
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,34

Tabela 15 - Descrição construtiva adotada por defeito para a parede de compartimentação, PCOMP5

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,07	1000	0,167
R _{Si}			0,13
R _{Si}			0,13
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]			0,427
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,34

- Pavimentos

Entre os diferentes tipos de pavimentos, foram diferenciados os que estão em contacto direto com o solo, como os pavimentos térreos situados no piso -1 e no rés-do-chão, e os que estão completamente isolados deste contacto, como os pavimentos que separam os diferentes espaços no interior do edifício. Este ponto concentra-se especificamente nos pavimentos que não estão em contacto com o solo: PAVINT1 e PAVCOMP1. Estes pavimentos distinguem-se pela natureza dos espaços que delimitam, o que lhes confere diferentes contribuições no desempenho térmico global do edifício. O PAVINT1 está localizado no rés-do-chão e separa os espaços interiores úteis do piso 0 dos espaços não úteis do piso -1, enquanto o PAVCOMP1 situa-se no rés do chão e no piso 1, separando espaços interiores úteis. Por falta de informações relativas à constituição destes elementos foram utilizados os valores de coeficiente de transmissão térmica por defeito presentes na tabela 26 do Manual SCE [45], agravado em 35%. Tendo em conta a necessidade de ajustar o valor da tabela, referido anteriormente, obtém-se o valor de coeficiente de transmissão térmico com condição de fronteira interior presente na Tabela 16.

Em relação aos pavimentos em contacto com o solo, estes serão abordados no tópico 3.1.2.2.

Tabela 16 - Descrição construtiva adotada por defeito para os pavimentos, PAVCOMP1 e PAVINT1

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Pavimento pesado ⁽²⁾	0,2	2000	0,029
RSi			0,17
RSi			0,17
Resistência térmica total, Rt [(m ² .°C)/W]			0,369
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,71

(2) Betão ou laje aligeirada

- Coberturas

Os perfis de coberturas existentes são: COBEXT1, COBEXT2, COBINT1 e COBINT2. A COBEXT1 delimita a saída para o pátio interior no piso -1 do exterior e a COBEXT2 limita superiormente o edifício, separando o desvão do exterior. Por serem elementos com condição de fronteira exterior, não é necessária qualquer correção ao valor de U, sendo apenas contabilizado o agravamento por ausência de informação sobre as PTP. Por outro lado, as restantes coberturas enquadram elementos construtivos interiores: a COBINT1 divide o gabinete 20, localizado no rés-do-chão, da entrada lateral no piso 1,

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

considerada um espaço não útil e a COBINT2 separa os espaços úteis do piso 1 do desvão imediatamente acima. Neste caso, já se verifica a necessidade de ajuste ao valor de U de acordo com a metodologia presente no Anexo 3.

Os valores de U foram retirados da Tabela 26 do Despacho n.º 6476-H/2021 (Manual SCE) e encontram-se representados nas tabelas seguintes:

Tabela 17 - Descrição construtiva adotada por defeito para as coberturas, COBINT1 e COBINT2

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Cobertura pesada horizontal ⁽²⁾	0,2	2000	0,15
RSi			0,1
RSi			0,1
Resistência térmica total, Rt [(m ² .°C)/W]			0,345
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			2,90

(2) Betão ou laje aligeirada

Tabela 18 - Descrição construtiva adotada por defeito para a cobertura, COBEXT1

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Cobertura pesada horizontal ⁽²⁾	0,2	2000	0,145
RSi			0,1
RSe			0,04
Resistência térmica total, Rt [(m ² .°C)/W]			0,285
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			3,51

(2) Betão ou laje aligeirada

Tabela 19 - Descrição construtiva adotada por defeito para a cobertura, COBEXT2

Descrição da solução construtiva	Espessura [m]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Cobertura leve inclinada	0,015	850	0,123
RSi			0,1
RSe			0,04
Resistência térmica total, Rt [(m ² .°C)/W]			0,263
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]			3,80

3.1.4.2. ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

- Paredes enterradas

As paredes enterradas, PENT1B, PENT2B e PENT3B foram distinguidas, de acordo, com a espessuras, 60, 40 e 35 cm respetivamente. Considerando a distância média ao solo, z_{solo} , igual a 2,8 m e resistência térmica da parede, R_w , inferior a 0,75 foi retirado da Tabela 31 do Manual SCE, o valor do coeficiente de transmissão térmica do elemento enterrado (Tabela 20). Este valor foi adotado para todas as tipologias de paredes enterradas, independentemente da espessura, garantindo o cumprimento das disposições regulamentares e simplificando o cálculo do desempenho energético do edifício.

Tabela 20 - Descrição construtiva adotada por defeito para as paredes enterradas, PENT1B, PENT2B e PENT3B

Descrição da solução construtiva	Massa Volúmica [kg/m ³]	Zsolo [m]	Resistência térmica [(m ² ·°C)/W]
Parede enterrada	750	2,8	0,667
Coeficiente de transmissão térmica, U_{bt} [W/(m²·°C)]			1,50

- Pavimentos enterrados

Os pavimentos em contacto com o solo foram classificados em duas tipologias principais: PAVTER1 e PAVTER2. O PAVTER1 refere-se ao pavimento enterrado dos espaços úteis localizados no piso -1. Para os espaços não úteis do mesmo piso, esta tipologia é designada como PAVTERB. O PAVTER2 refere-se ao pavimento enterrado do rés do chão não sobreposto ao piso -1.

Para a determinação dos coeficientes de transmissão térmica (U_{bt}) destes pavimentos, foram adotados os valores por defeito da Tabela 31 do Manual SCE [45], considerando as seguintes condições:

- Para os PAVTER1 e PAVTERB1, com distância média ao solo entre 1 e 3 m e resistência térmica (R_f) inferior a 0,75 m²·°C/W, o valor adotado foi de 0,8 W/(m²·°C) (Tabela 21).
- Para o PAVTER2, com distância média ao solo inferior a 1 m e resistência térmica (R_f) inferior a 0,75 m²·°C/W, o valor adotado foi de 1,0 W/(m²·°C) (Tabela 22).

Tabela 21 - Descrição construtiva adotada por defeito para os pavimentos enterrados, PAVTER1e PAVTERB

Descrição da solução construtiva	Massa Volúmica [kg/m ³]	Zsolo [m]	Espessura [m]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Pavimento pesado	2000	2,8	0,2	1,250
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]				0,80

Tabela 22 - Descrição construtiva adotada por defeito para o pavimento enterrado, PAVTER2

Descrição da solução construtiva	Massa Volúmica [kg/m ³]	Zsolo [m]	Espessura [m]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
Pavimento pesado	2000	2,8	0,2	1,00
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]				1,0

3.1.4.3. PONTES TÉRMICAS LINEARES

As pontes térmicas lineares (PTL) representam zonas críticas de perda de calor nas envolturas dos edifícios, surgindo frequentemente nas ligações entre elementos construtivos. No caso do edifício em estudo, de comércio e serviços, optou-se por não realizar a caracterização das PTL. Em vez disso, foi aplicada uma majoração de 5% nas necessidades de aquecimento do edifício, conforme referido no capítulo 16 do manual SCE [45].

3.1.4.4. PORTAS

As portas são consideradas elementos essenciais para a caracterização térmica da envolvente. Quando estas possuem uma área envidraçada inferior a 25% de sua área total, são classificadas como portas opacas, o que implica na consideração de dois parâmetros fundamentais: o coeficiente de transmissão térmica e a absorvência solar.

De acordo com a Portaria nº 138-I/2021 [66], que estabelece os requisitos para a eficiência energética, as portas opacas devem ser devidamente caracterizadas em edifícios de habitação e Pequenos Edifícios de Serviços (PES), sendo que, para outros tipos de edifícios, como os de comércio e serviços, a caracterização pode ser simplificada. Nesses casos, o Perito Qualificado (PQ) pode optar por considerar a solução construtiva da parede adjacente como a referência para a porta, caso não haja especificações distintas [45].

No projeto em questão, as portas foram classificadas como opacas, ou seja, com uma área envidraçada inferior a 25% da sua área total, o que possibilita a caracterização das mesmas com a solução construtiva da parede adjacente, alinhando-se às práticas de simplificação estabelecidas para edifícios de comércio e serviços existentes.

3.1.4.5. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica é uma propriedade fundamental dos materiais de construção que influencia diretamente o desempenho térmico dos edifícios, contribuindo para a estabilidade da temperatura interior e a eficiência energética dos espaços com ocupação. Esta propriedade está relacionada com a capacidade dos materiais de armazenar e libertar calor de forma gradual, reduzindo as oscilações térmicas diárias e sazonais e promovendo um ambiente mais confortável para os ocupantes.

A eficiência da inércia térmica depende de três propriedades físicas fundamentais dos materiais: a massa volúmica, o calor específico e a condutividade térmica dos materiais. A massa volúmica determina a quantidade de material disponível para armazenar calor, enquanto o calor específico representa a energia necessária para provocar uma variação de 1°C na temperatura de 1kg de uma determinada massa. Por sua vez, a condutividade térmica influencia a rapidez com que o calor se propaga através do material. A interação destas propriedades condiciona a capacidade do material em retardar as variações térmicas externas e criar um ambiente interno mais estável [67].

Relativamente ao edifício em estudo, atendendo à inexistência de informação detalhada sobre a constituição dos elementos construtivos, foi adotado o procedimento de simplificação previsto no Manual SCE [45], conforme descrito no Anexo 5. Com base neste enquadramento, foi atribuída ao edifício a classe de inércia térmica média ($I_t = 275 \text{ kg/m}^2$).

3.1.5. ENVIDRAÇADOS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR

A envolvente envidraçada, composta pelos vãos cujas áreas de vidro representam 25% ou mais da área total do vão, tem um impacto significativo no desempenho energético do edifício. Os vãos envidraçados influenciam fortemente o balanço térmico do edifício, uma vez que permitem a entrada de luz e calor solar, mas também podem provocar perdas térmicas consideráveis. Ao contrário das superfícies opacas, o vidro permite a passagem de radiação solar, o que pode resultar em ganhos térmicos significativos, principalmente em orientações mais expostas ao sol.

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Para avaliar corretamente o comportamento térmico da envolvente envidraçada, é fundamental analisar parâmetros como o coeficiente de transmissão térmica (U) e o fator solar (g_v), que indicam a quantidade de calor que passa através do vidro e a fração de radiação solar que entra no edifício. Estes valores, juntamente com a orientação e a área de cada vão, são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Caracterização dos vãos envidraçados do edifício

Designação	Descrição da Solução	Dispositivos Proteção	Orientação	Área [m²]	U [W/(m².°C)]	g_{tot}
VE1a	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Sem proteção	Sudeste	8,88	4,3	0,75
VE1b	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Sem proteção	Sudoeste Noroeste	0,631 1,894	4,3	0,75
VE2a	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	Sul	3,79	4,3	0,04
VE2b	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	Norte Sudeste Sul	2,59 1,3 2,59	4,3	0,04
VE2c	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	Norte Noroeste Oeste Sul	2,53 5,05 8,84 3,79	4,3	0,04
VE2d	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Duplo incolor	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	Norte Nordeste Sudeste Sul Sudoeste Oeste Noroeste	10,36 25,92 24,62 28,51 12,95 19,44 37,48	4,3	0,04
VE3	Vão Simples, caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistema de abertura 'giratória', sem quadricula, sem classe de permeabilidade ao ar, com Vidro Simples incolor	Sem proteção	Sudeste	0,40	6,2	0,85

3.1.5.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

Na ausência de informações detalhadas sobre as características específicas dos vãos envidraçados existentes no edifício, recorreu-se aos valores de coeficiente de transmissão térmica (Tabela

24) constantes no Anexo III do ITE50 do LNEC (Anexo 6) [68]. A seleção destes valores teve por base a tipologia do envidraçado, bem como o número de vidros e o tipo de abertura.

Tabela 24 - Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados

Designação	LNEC ITE50	U [W/(m ² .°C)]
VE1a	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE1b	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE2a	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE2b	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE2c	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE2d	Vão simples -> vidro duplo -> abertura giratória	4,3
VE3	Vão simples -> vidro simples -> abertura giratória	6,2

3.1.5.2. FATOR SOLAR

O fator solar total (g_{tot}) dos vãos envidraçados é determinado considerando todos os dispositivos de proteção solar disponíveis, desde o exterior até à primeira proteção solar opaca. Caso a primeira proteção encontrada seja opaca, é desconsiderado o fator solar do vidro ($g_{L,vi}$), passando o fator solar total (g_{tot}) a ser calculado pela seguinte equação:

$$g_{tot} = g_{tot,vc,op} \quad (2)$$

Em que:

$g_{tot,vc,op}$ – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e com o primeiro dispositivo de proteção solar opaco totalmente ativado, obtido através da Tabela 48 do Manual SCE [45].

Relativamente ao caso de estudo, das 3 tipologias de envidraçados existentes, apenas a VE2 apresenta dispositivos de proteção solar. Esta tipologia apresenta um sistema de proteção de persianas de réguas plásticas de cor clara. Tendo em conta o vidro duplo, foi retirado da tabela 48 do Manual SCE [45] o valor de $g_{tot,vc,op}$ igual a 0,04. Neste caso, a persiana é o primeiro elemento opaco do exterior para o interior, logo o fator solar total (g_{tot}) assume o valor de $g_{tot,vc,op}$, de acordo com a Equação (7).

Os vãos envidraçados, VE1 e VE3, apresentam um g_{tot} igual ao valor de $g_{\perp,vi}$, uma vez que, não apresentam dispositivos de proteção solar, não sendo o valor de $g_{tot,vci}$ considerado no cálculo. Na Tabela 25 encontram-se os valores de fator solar correspondentes para cada tipologia de envidraçado.

Tabela 25 - Fator solar dos vãos envidraçados

Designação	Sistema proteção	$g_{\perp,vi}$	$g_{tot,vci}$	g_{tot}	$g_{tot,max}$
VE1a	Sem sistema proteção	0,75	-	0,75	0,56
VE1b	Sem sistema proteção	0,75	-	0,75	0,56
VE2a	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	0,75	0,04	0,04	0,56
VE2b	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	0,75	0,04	0,04	0,56
VE2c	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	0,75	0,04	0,04	0,56
VE2d	Persiana exterior clara de réguas metálicas/plásticas	0,75	0,04	0,04	0,56
VE3	Sem sistema proteção	0,85	-	0,85	0,56

3.1.5.3. FATOR DE OBSTRUÇÃO SOLAR

A incidência de radiação solar sobre os vãos envidraçados pode ser significativamente influenciada pela presença de obstruções solares, as quais podem reduzir a quantidade de energia térmica que atravessa a envolvente não opaca do edifício.

No caso específico do centro de saúde em análise, a avaliação do impacto das obstruções solares foi conduzida através de modelação computacional no *DesignBuilder*. Este programa permite uma análise detalhada das condições reais de sombreamento, considerando a geometria do edifício e o contexto urbano circundante. A capacidade do *software* de simular com precisão os efeitos de sombreamento tornou desnecessária a aplicação de métodos analíticos tradicionais para a determinação dos fatores de obstrução.

3.2. SISTEMAS ENERGÉTICOS EXISTENTES NO EDIFÍCIO

O centro de saúde de Rio de Mouro utiliza exclusivamente a energia elétrica como força-motriz para o acionamento dos seus sistemas energéticos. Esta fonte é responsável pelo funcionamento dos sistemas de climatização, iluminação e dos equipamentos, garantindo o conforto térmico e operacional do edifício. Os sistemas existentes são apresentados neste subcapítulo.

3.2.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A ventilação, seja ela mecânica, natural ou mista, assegura a renovação do ar, diluindo agentes patogénicos, compostos orgânicos voláteis (COVs) e outros poluentes, além de regular a humidade e a temperatura. Em contextos clínicos, a sua relevância amplifica-se, dada a necessidade de minimizar riscos de transmissão de infeções e garantir condições adequadas para procedimentos médicos.

No caso do Centro de Saúde de Rio de Mouro, verifica-se a ausência de sistemas de ventilação mecânica, sendo a renovação do ar dependente da abertura de janelas e portas e das infiltrações naturais através de frestas nos envidraçados. Este cenário, comum em edifícios mais antigos ou com limitações técnicas, coloca desafios específicos, como a variabilidade do caudal de ar em função de condições climáticas externas (e.g., velocidade do vento, diferenças de temperatura) e a dificuldade em garantir padrões homogéneos de qualidade do ar.

Para estimar o caudal de infiltrações no edifício, retirou-se da tabela 61 do Manual SCE [12] os valores que relacionam a permeabilidade da caixilharia com a exposição das fachadas. Os coeficientes de renovação horária (RPH – renovações por hora) da tabela variam conforme: o número de fachadas expostas (1 ou mais); a classe de permeabilidade da caixilharia (0, 1, 2 ou superior); e o tipo de espaço (interior ou exterior).

O cálculo do caudal de infiltrações ($Q_{infiltração}$) obteve-se multiplicando o valor de RPH (Tabela 61 Manual SCE [45]) correspondente a cada divisão pelo volume interno do espaço (V) conforme a Equação (9):

$$Q_{infiltração} = RPH \times V \quad (9)$$

Em que:

$Q_{infiltração}$ – Caudal de infiltração [m^3/h]

RPH – Renovações de ar por hora [h^{-1}]

V – Volume do espaço [m³]

Posteriormente, os caudais individuais de todas as divisões foram somados para obter o caudal total de infiltrações do edifício, igual a 1019,36 m³/h. Os valores obtidos para o caudal de infiltração de cada compartimento, bem como o seu somatório são apresentados no Anexo 7.

3.2.2. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Os sistemas de climatização desempenham um papel fundamental na garantia do conforto térmico, qualidade do ar interior e eficiência energética em edifícios, sobretudo em unidades de saúde, onde as condições ambientais impactam diretamente o bem-estar de utentes e profissionais.

O sistema de climatização do edifício é composto por oito unidades de expansão direta do tipo *split*, alimentadas por energia elétrica e distribuídas por compartimentos específicos. Estes equipamentos são responsáveis pelo aquecimento e arrefecimento das divisões assinaladas a azul nas plantas seguintes (Figuras 17, 18 e 19), onde se identifica a localização das unidades interiores em funcionamento:

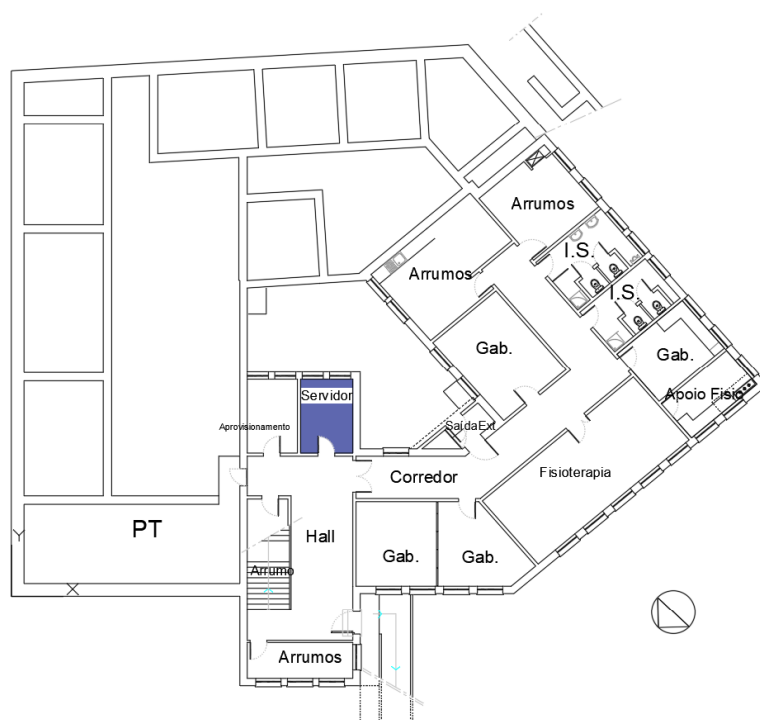


Figura 17 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no piso -1



Figura 18 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no rés do chão



Figura 19 - Planta com a representação a azul dos espaços climatizados do edifício no piso 1

Cada sistema é constituído por uma unidade interior, que faz a distribuição do ar climatizado no ambiente interno e uma unidade exterior, responsável pela dissipação e captação de calor. Estes sistemas operam de forma independente em cada espaço climatizado.

Devido à ilegibilidade das chapas não foi possível aferir as características técnicas dos equipamentos. Perante isto, adotaram-se os valores de eficiência energética constantes na Tabela 76 do Manual SCE [45].

Além disso, considerando a idade dos equipamentos superior a 10, foi aplicado um fator de depreciação para refletir a redução de eficiência decorrente do tempo de uso. Este fator de depreciação foi assumido devido à inexistência de qualquer evidência documentada de manutenção dos aparelhos nos últimos anos. O valor de eficiência considerando o fator de depreciação é obtido, de acordo com a Equação (10).

$$E_{DEE} = E \times F_{age} \quad (10)$$

Em que:

E_{DEE} – Eficiência do sistema produtor para determinação da energia final;

E – Eficiência nominal do sistema produtor ou, no caso de sistemas do tipo bomba de calor e quando disponível, eficiência sazonal;

F_{age} – Fator de depreciação devido à idade, presente na Tabela 76 do Manual SCE [12].

A metodologia adotada permite uma avaliação técnica possível face às restrições de informação, embora reconhecendo que resultados mais precisos exigiriam inspeções físicas ou acesso a dados dos fabricantes.

De seguida, será apresentada a Tabela 26 referente à marca dos equipamentos e aos valores de eficiência energética retirados do Manual SCE [45], não havendo, como já referido, informações disponíveis sobre o modelo nem sobre as potências térmicas dos sistemas instalados no edifício.

Tabela 26 - Características dos splits

Designação	Marca	Modelo	Potência térmica [kW]	Eficiência				Compartmento
				EER	EER com fator	COP	COP com fator	
Split UE1	-	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Servidor (Piso -1)
Split UE2	SANYO	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Gabinete 19 (Piso 0)
Split UE3	MIDEA	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Gabinete 3 (Piso 0)
Split UE4	-	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Gabinete 17 (Piso 1)
Split UE5	MIDEA	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Gabinete 16 (Piso 1)
Split UE6	LG	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Sala tratamentos (Piso 1)
Split UE7	MIDEA	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Gabinete 9 (Piso 1)
Split UE8	SANYO	-	-	2,5	2,25	2,5	2,25	Sala reuniões (Piso 1)

3.2.3. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação interior é constituído maioritariamente por lâmpadas fluorescentes tubulares com um total de 391 unidades. As tipologias existentes são diferenciadas consoante a tecnologia utilizada e a potência das lâmpadas, conforme a Tabela 27. A maior parcela corresponde a 313 lâmpadas de 36 W, que perfazem 11,27 kW, complementadas por outras potências: 8 unidades de 58 W (464 W), 14 de 35 W (490 W), 37 de 28 W (1036 W), 2 de 18 W (36 W) e 17 luminárias fluorescentes compactas de 18 W (306 W), totalizando uma potência instalada de 13,6 kW. Esta potência foi majorada em 30%, dada a existência de balastros ferromagnéticos, resultando num valor total de 17,68 kW.

Tabela 27 - Distribuição das luminárias interiores por tipo de tecnologia

Tecnologia	Potência lâmpada (W)	Nº Lâmpadas	Potência Total (W)
Fluorescente Tubular	58	8	464
Fluorescente Tubular	36	313	11268
Fluorescente Tubular	35	14	490
Fluorescente Tubular	28	37	1036
Fluorescente Tubular	18	2	36
Fluorescente Compacta	18	17	306
TOTAL		391	13600

Da iluminação exterior fazem parte luminárias que combinam diferentes tecnologias, com 4 unidades fluorescentes tubulares de 58 W (232 W), 11 de 36 W (396 W) e 8 lâmpadas incandescentes de 50 W (400 W), alcançando uma potência total de 1 028 W. Na Tabela 28, é possível observar as suas características.

Tabela 28 - Distribuição das luminárias exteriores por tipo de tecnologia

Tecnologia	Potência lâmpada (W)	Número de Lâmpadas	Potência Total (W)
Fluorescente Tubular	58	4	232
Fluorescente Tubular	36	11	396
Incandescente	50	8	400
TOTAL		23	1028

À semelhança da iluminação interior, foi necessário considerar os balastros ferromagnéticos presentes nas tecnologias existentes, não fazendo parte deste cálculo as lâmpadas incandescentes, por serem desprovidas deste equipamento. O resultado final obtido para a potência de iluminação exterior foi de 1 216 W.

A densidade de potência é importante para avaliar a eficiência de um sistema de iluminação, garantindo que o consumo de energia esteja dentro dos limites estabelecidos pelas normas ou critérios da certificação. Para o seu cálculo é utilizada a Equação (11), que quantifica a potência em cada espaço por unidade de área (m²).

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \times F_{oc} \times F_d) + P_c}{A_{espaço}} \quad (11)$$

Em que:

DPI_{inst} - Densidade de potência de iluminação instalada no espaço [W/m²];

P_{tot} - Potência nominal total dos sistemas de iluminação instalados no espaço [W];

F_{oc} - Fator de ocupação do espaço;

F_d - Fator de disponibilidade de luz natural do espaço;

P_c - Potência nominal total dos sistemas de controlo do espaço [W];

$A_{espaço}$ - Área de pavimento do espaço [m²].

Neste caso, o fator de ocupação (F_{oc}) e o fator de disponibilidade de luz natural do espaço (F_d) assumem o valor 1, devido à ausência de sistemas de deteção de movimento ou regulação automática do fluxo luminoso. Em consequência, a potência nominal dos sistemas de controlo (P_c) será nula. A densidade de potência resulta, assim, da relação entre a potência nominal total das luminárias e a área do espaço correspondente.

Em relação ao cumprimento de requisitos, os sistemas de iluminação fixa devem possuir uma densidade de potência instalada por 100 lx (DPI_{100lx}), calculada conforme a Equação (12), que não exceda o valor máximo estabelecido. Os valores de densidade de potência máxima por 100 lx (DPI_{100lx}) foram retirados da Tabela 25 da Portaria n.º 138-I/2021 [66], consoante o tipo de espaço. Este limite máximo considera toda a iluminação fixa do local.

$$DPI_{100lx} = DPI_{inst} \times \frac{100}{\bar{E}_m} \quad (12)$$

Em que:

DPI_{100lx} – Densidade de potência de iluminação instalada no espaço, por 100 lx [(W/m²)/100 lx];

DPI_{inst} – Densidade de potência de iluminação instalada no espaço [W/m²];

$\bar{E}_m$ – Iluminância média do espaço [lx] (Anexo IV - VALORES DE ILUMINÂNCIA, Manual SCE).

Os valores referentes às potências de iluminação para cada espaço do edifício, bem como os valores de iluminância, DPI_{inst} e DPI_{100lx} encontram-se apresentados no Anexo 8. É importante salientar que não foi feita a verificação do cumprimento de requisitos dos sistemas de iluminação, uma vez que este subcapítulo se destina à caracterização do sistema existente antes da implementação de eventuais medidas de melhoria.

3.3. OUTROS EQUIPAMENTOS

Tratando-se de um edifício existente, foi realizado um levantamento dos equipamentos presentes no seu interior, registando-se a potência elétrica associada a cada um (Tabela 29). Os equipamentos identificados no edifício incluem máquinas de venda automática (VENDING), televisões (TV), micro-ondas, impressoras, computadores (PC), monitores de PC, máquinas de café e frigoríficos. Estes dispositivos encontram-se distribuídos pelos diferentes espaços do edifício de acordo com a sua utilização específica.

É importante destacar que não foram identificados equipamentos alimentados a gás, o que reforça a dependência exclusiva de energia elétrica no edifício.

A distribuição dos equipamentos pelos respetivos espaços e o cálculo da densidade de potência associada encontram-se detalhados no Anexo 9.

Tabela 29 - Potências dos equipamentos elétricos

Equipamento	Potência Equipamento (W)
PC	150
SERVIDOR	500
VENDING	300
TV	110
MICROONDAS	1150
IMPRESSORA	14
MAQ CAFÉ 3	950
MONITOR PC	50
FRIGORIFICO	120

3.4. PERFIS HORÁRIOS

O centro de saúde opera de forma contínua ao longo do ano, das 8h às 20h, de segunda a sexta-feira, encerrando aos fins de semana e feriados. Este regime de funcionamento impacta diretamente a definição dos perfis de horário, que abrangem a ocupação dos espaços, a utilização de iluminação e equipamentos, bem como a necessidade de climatização. A caracterização detalhada desses perfis encontra-se detalhada nos subcapítulos seguintes, onde são analisadas as variações de utilização ao longo do dia.

3.4.1. PERFIL HORÁRIO DE OCUPAÇÃO

A definição da ocupação dos espaços do centro de saúde baseou-se na análise das plantas arquitetónicas, considerando o número de cadeiras disponíveis em cada divisão e em estimativas baseadas na função e dimensão de cada espaço, conforme apresentado na Tabela 30.

Tabela 30 - Definição de ocupação dos diferentes espaços do edifício

Divisão	Ocupação
Gabinetes	2
Copas	6
Receção/Sala espera	25
Receção	11
Sala Reuniões	12
Serviços Sociais	2
Sala Vacinação	2
Sala tratamento (piso 0)	8
Sala tratamento (piso 1)	4
I.S.	1
Corredores	1
Entradas	1
Farmácia	1
Arrumos	1
Sala Apoio	1
Sala Resíduos	1
Posto Transformação	1
Servidor	1
Desvão	0

Os perfis de ocupação representados nas Figuras abaixo refletem a distribuição percentual da presença humana nas diferentes tipologias de espaço mencionadas acima, ao longo do período de funcionamento do centro de saúde. É importante destacar que a sala de reuniões só é ocupada às quintas-feiras, entre as 14h e as 16h.

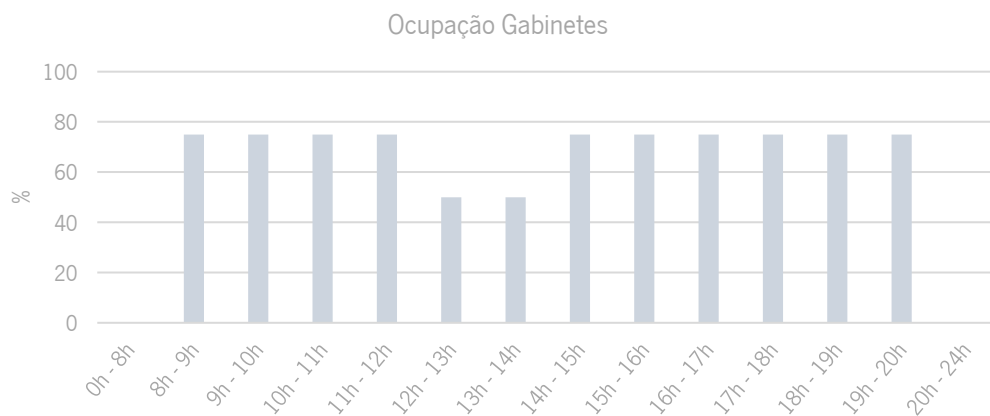


Figura 20 - Perfil de ocupação dos gabinetes

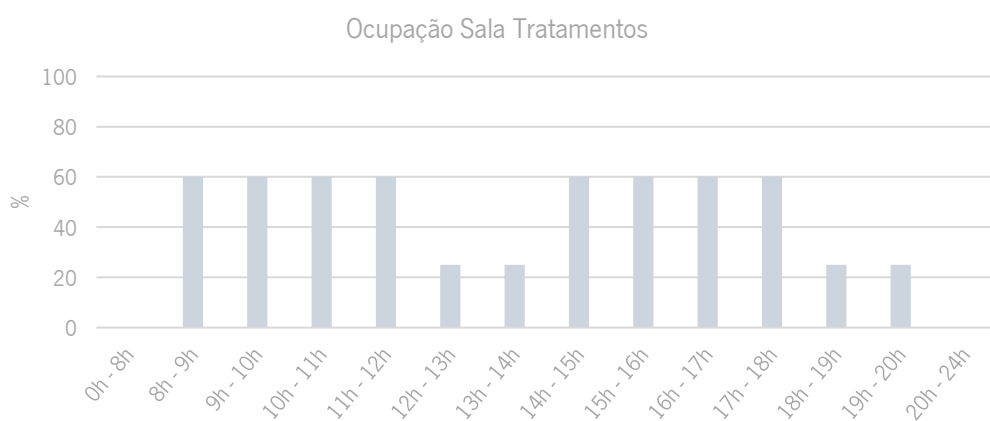


Figura 21 - Perfil de ocupação das salas de tratamentos

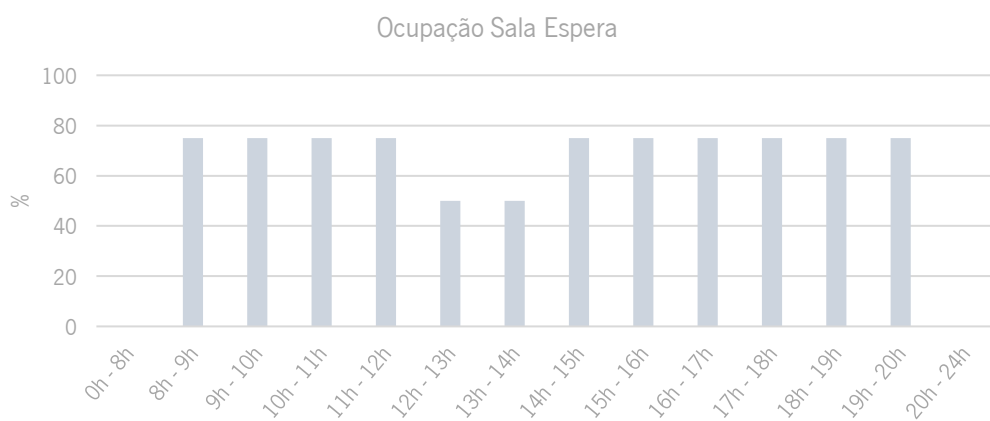


Figura 22 - Perfil de ocupação das salas de espera

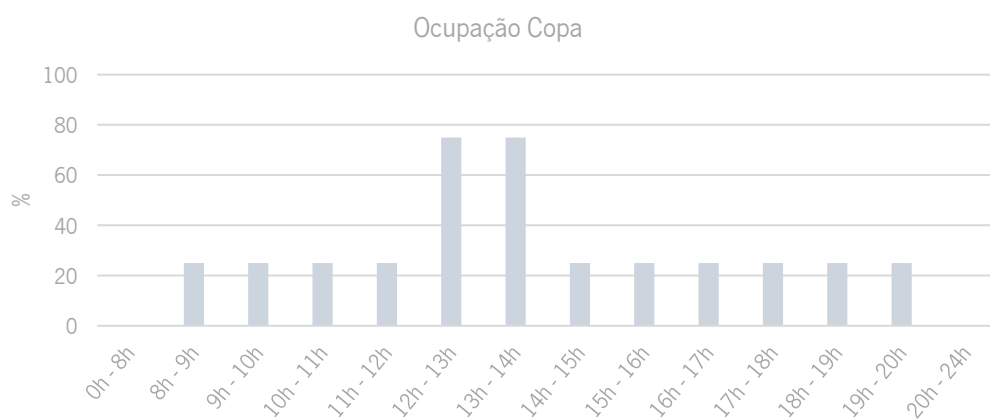


Figura 23 - Perfil de ocupação das copas

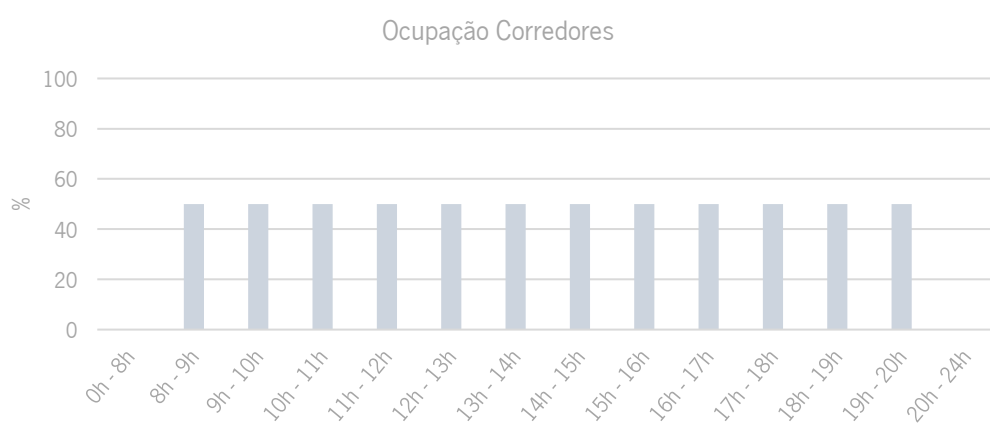


Figura 24 - Perfil de ocupação dos corredores

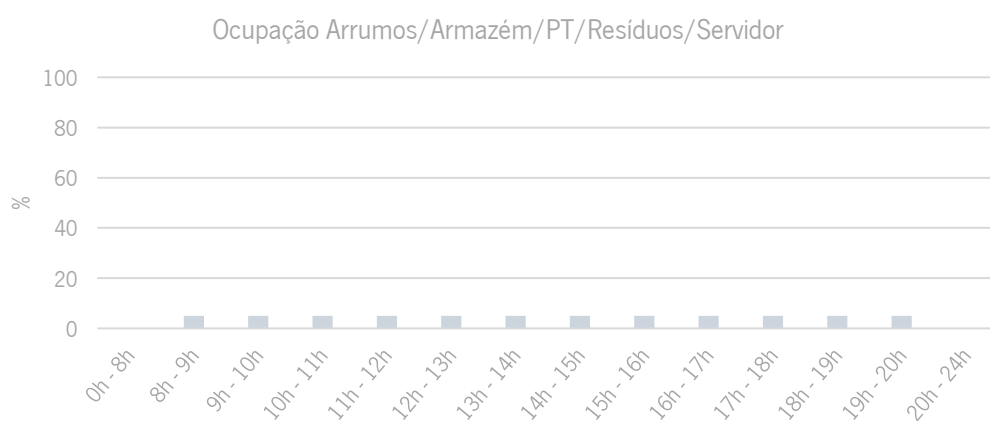


Figura 25 - Perfil de ocupação dos arrumos, armazém, posto de transformações, resíduos e servidor

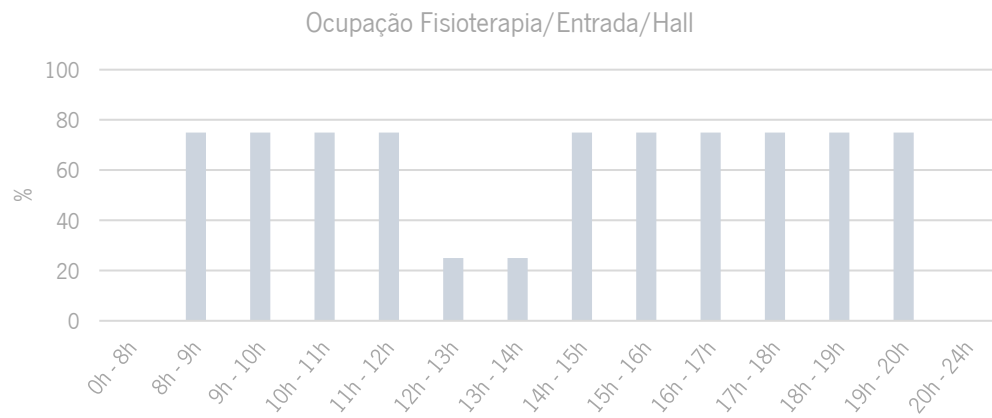


Figura 26 - Perfil de ocupação da fisioterapia, entrada e hall

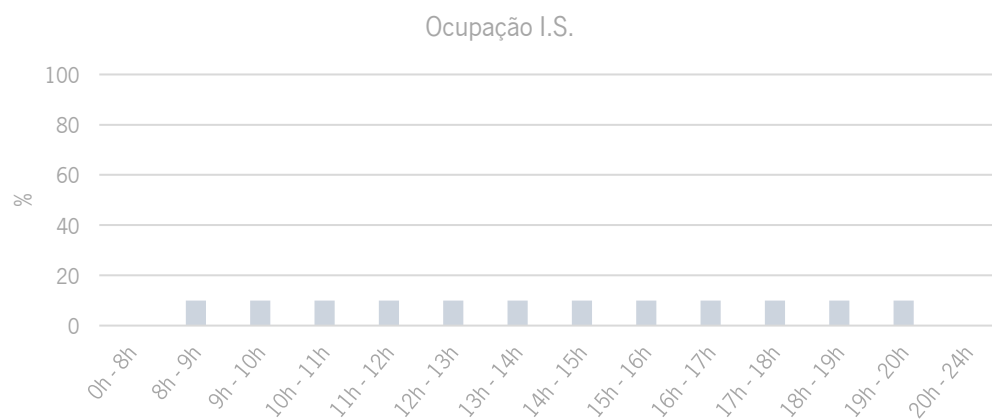


Figura 27 - Perfil de ocupação das instalações sanitárias

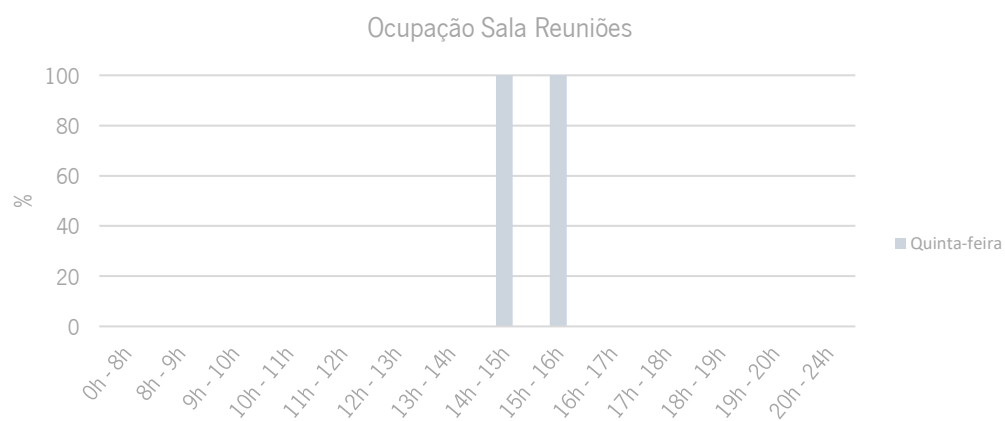


Figura 28 - Perfil de ocupação da sala de reuniões

3.4.2. PERFIL HORÁRIO DE ILUMINAÇÃO

Os perfis de iluminação são iguais aos perfis de ocupação para todos os espaços à exceção das salas de espera e dos corredores, cuja iluminação permanece ligada a 100% ao longo do horário de funcionamento do edifício, conforme representado na Figura 29.

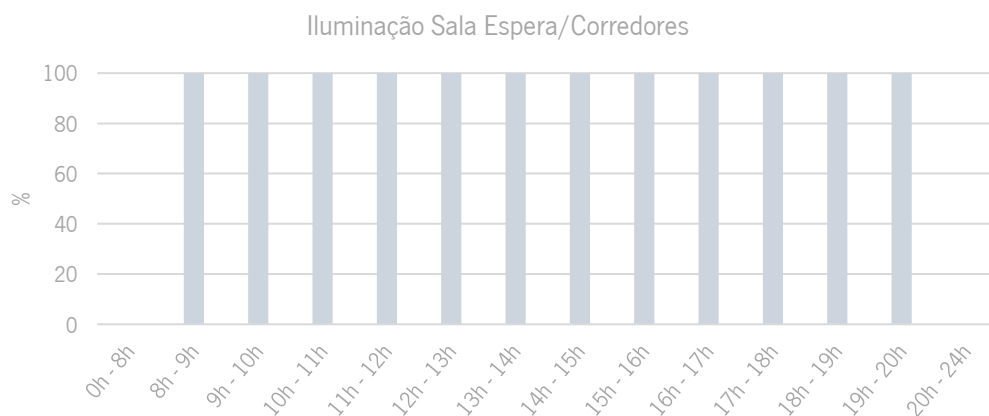


Figura 29 - Perfil de iluminação das salas de espera e dos corredores

3.4.3. PERFIL HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS

Os perfis de equipamentos do edifício seguem o perfil de ocupação de cada espaço, garantindo que os consumos refletem a utilização real dos mesmos. No entanto, existem exceções: na copa, o frigorífico permanece continuamente ligado devido à necessidade de conservação de alimentos (Figura 30); na sala do servidor, os servidores mantêm-se em funcionamento contínuo de forma a garantir a disponibilidade ininterrupta dos sistemas de gestão, comunicação e armazenamento de dados (Figura 31); na sala de espera, os equipamentos eletrónicos, assim como a iluminação, permanecem ligados durante o horário de funcionamento do edifício (Figura 32); e na entrada do piso 0, a máquina de *vending* encontra-se sempre ligada, para conservação dos produtos.

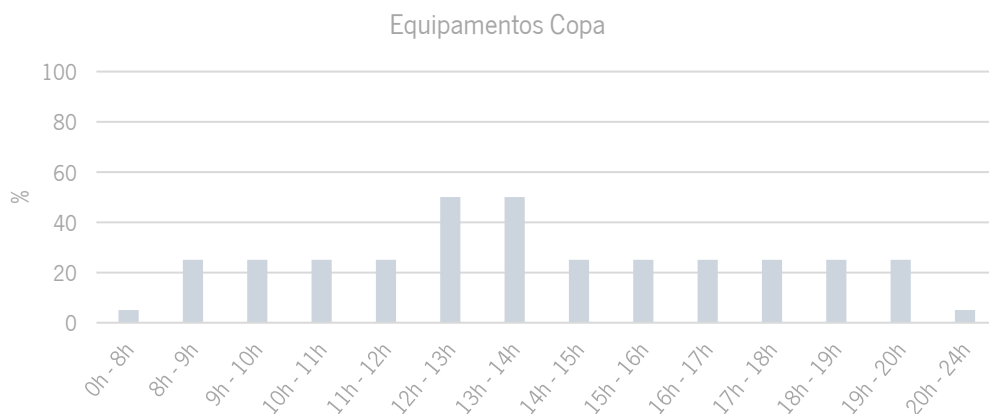


Figura 30 - Perfil de equipamentos das copas

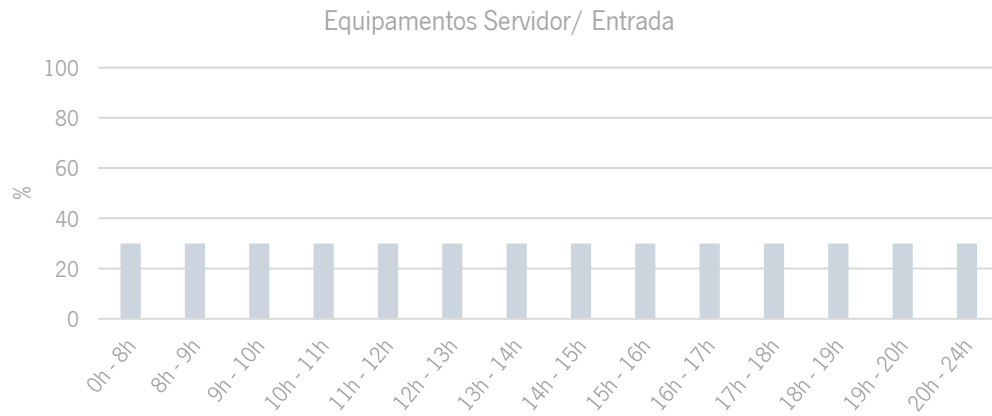


Figura 31 - Perfil de equipamentos do servidor e da entrada (piso 0)

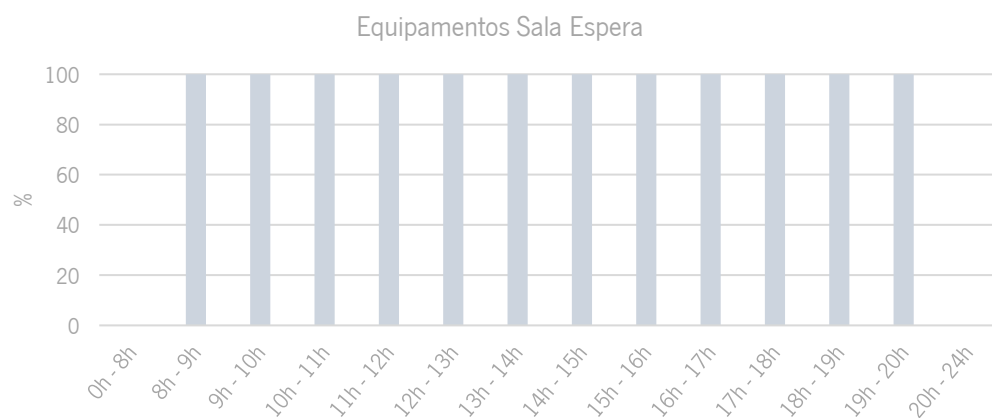


Figura 32 - Perfil de equipamentos das salas de espera

3.4.4. PERFIL HORÁRIO DE CLIMATIZAÇÃO

Os perfis de climatização foram configurados para funcionar de forma interrupta durante o horário de funcionamento do edifício (Figura 33). No entanto, a sala do servidor requer um sistema de climatização contínuo para garantir condições térmicas adequadas à preservação dos equipamentos (Figura 34). Já a sala de reuniões tem um funcionamento pontual, sendo utilizada apenas às quintas-feiras, das 14h às 16h, o que justifica um ajuste específico no seu regime de climatização (Figura 35).

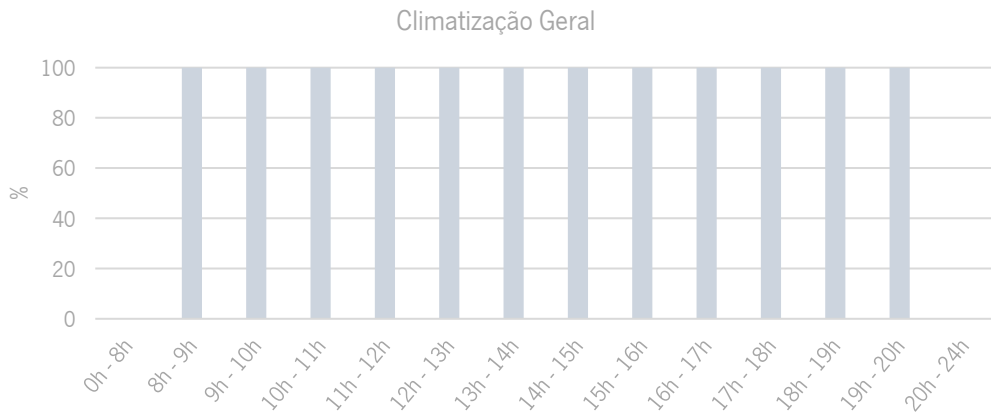


Figura 33 - Perfil de climatização geral

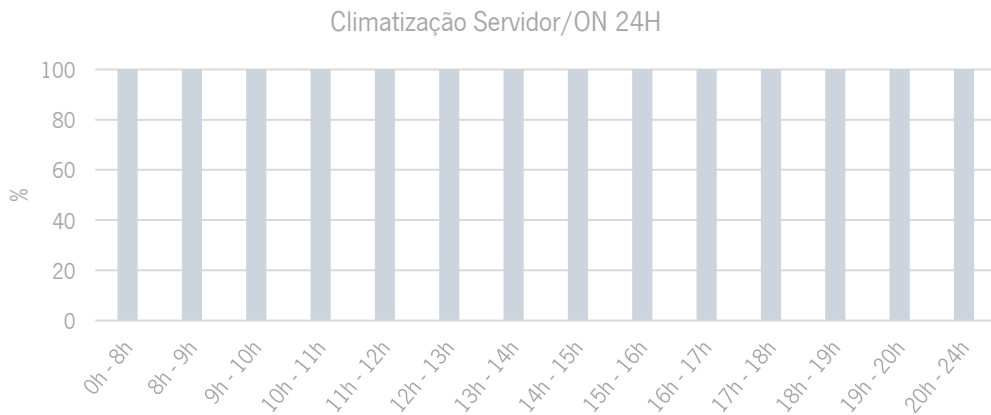


Figura 34 - Perfil de climatização da sala de servidores

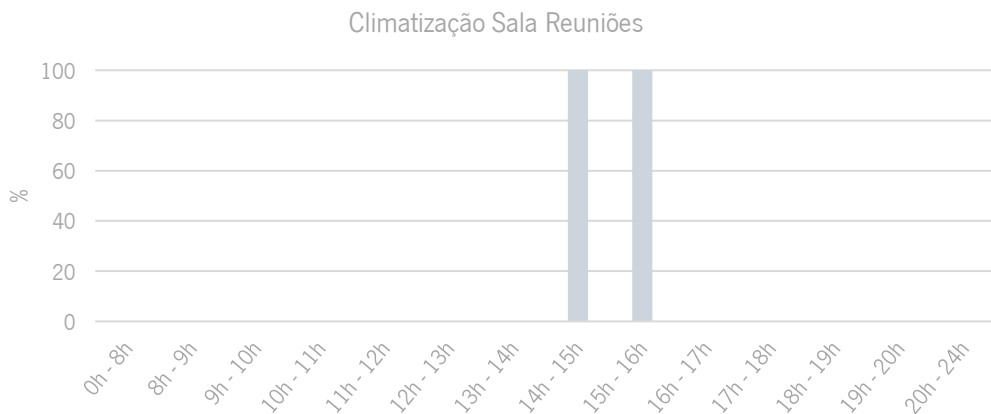


Figura 35 - Perfil de climatização da sala de reuniões

4. MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO DINÂMICA

A avaliação do desempenho energético do centro de saúde em Rio de Mouro requer a quantificação dos consumos de energia e das necessidades térmicas do edifício, seguindo a metodologia estabelecida no Despacho n.º 6476-H/2021 [45]. Para tal, recorreu-se à simulação dinâmica multizona, permitindo uma análise detalhada do comportamento térmico do edifício e da sua interação com os fatores ambientais e ocupacionais.

O *Revit* foi utilizado para a modelação geométrica do edifício, assegurando uma representação tridimensional rigorosa da envolvente construída e facilitando a posterior exportação para a fase de simulação. A simulação dinâmica multizona foi conduzida no *DesignBuilder*, uma ferramenta baseada no motor de cálculo *EnergyPlus*, amplamente reconhecida pela sua capacidade de simular o impacto de diferentes variáveis sobre o consumo energético e o conforto térmico dos espaços. Adicionalmente, dispõe de bibliotecas de materiais e componentes pré-definidos, facilitando a parametrização dos modelos.

O principal objetivo da utilização destes *software* é a determinação da classificação energética do edifício, através da simulação do edifício previsto e do edifício de referência, conforme definido pela regulamentação em vigor. Através desta análise, obtêm-se os consumos energéticos normalizados que permitem calcular os Índices de Eficiência Energética (IEE), parâmetros necessários na atribuição da classe energética. A simulação dinâmica multizona assegura que as trocas térmicas entre os diferentes espaços, bem como os efeitos da inércia térmica e das condições operacionais, são adequadamente consideradas, proporcionando uma avaliação mais representativa do desempenho do edifício face aos requisitos regulamentares.

Para garantir que o modelo simulado reflita as condições reais do edifício, foi feita a sua calibração, comparando os consumos de energia obtidos na simulação do edifício real com os valores da fatura energética. Essa calibração permitiu ajustar os parâmetros do modelo, como perfis de ocupação e regimes de climatização, de modo a minimizar as discrepâncias entre o comportamento simulado e o real. Com isso, o modelo tornou-se mais representativo, melhorando a precisão das simulações e a fiabilidade dos resultados obtidos.

Nos próximos subcapítulos, serão apresentados os procedimentos adotados para a modelação geométrica e a definição das características térmicas do edifício, bem como a metodologia utilizada para a simulação dinâmica multizona e a obtenção da classificação energética.

4.1. MODELAÇÃO GEOMÉTRICA NO *REVIT*

4.1.1. DEFINIÇÃO DO MODELO GEOMÉTRICO

A modelação geométrica do edifício foi desenvolvida no *Revit* com base nas plantas arquitetónicas. Este modelo serviu como ponto de partida para a simulação dinâmica multizona realizada no *DesignBuilder*.

A Figura 36 apresenta a geometria final do edifício, com os diferentes níveis que definem a cota de cada piso. A cobertura exterior, não aparece representada, dado ter sido modelada juntamente com o terreno envolvente posteriormente, no *DesignBuilder*. Para melhor identificação dos elementos construtivos, foram aplicadas cores distintas: as paredes exteriores dos espaços úteis foram representadas a vermelho, enquanto as dos espaços não úteis a amarelo. A pala existente entre o piso 0 e o piso 1 foi representada a vermelho-claro. As coberturas aparecem a castanho, sendo o tom mais claro utilizado para as áreas sobre espaços úteis e o mais escuro para áreas sobre espaços não úteis. Por fim, os pavimentos térreos foram representados a verde e os restantes pavimentos a cinzento.

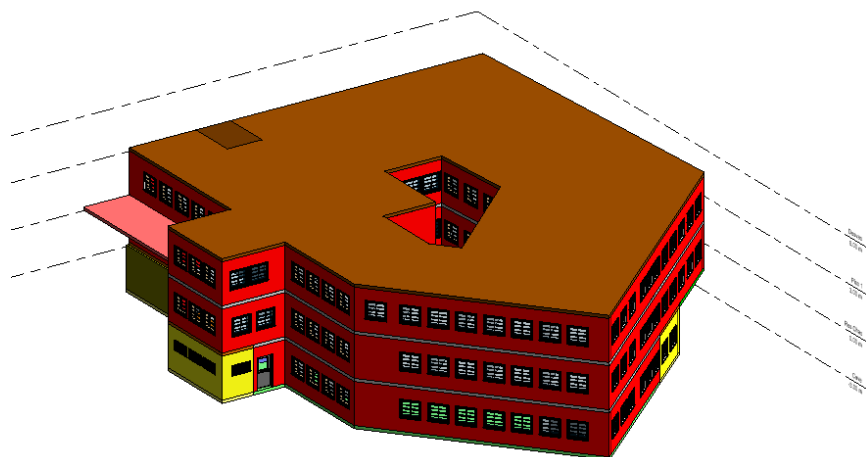


Figura 36 - Representação do modelo geométrico no *Revit*

4.1.2. DEFINIÇÃO DE MATERIAIS E PROPRIEDADES TÉRMICAS

Após a modelação do edifício, procedeu-se à caracterização dos seus elementos construtivos. Na Figura 37, está representado o procedimento utilizado na definição da parede exterior PE1. Ao seleccionar a opção “*Edit Type*” no separador das propriedades é possível aceder às propriedades do elemento, através da janela “*Type Properties*”. Neste separador, para editar a composição da parede, deve-se

selecionar a opção “*Edit*” na secção “*Structure*”, onde são definidas as camadas do elemento e as respetivas propriedades térmicas.

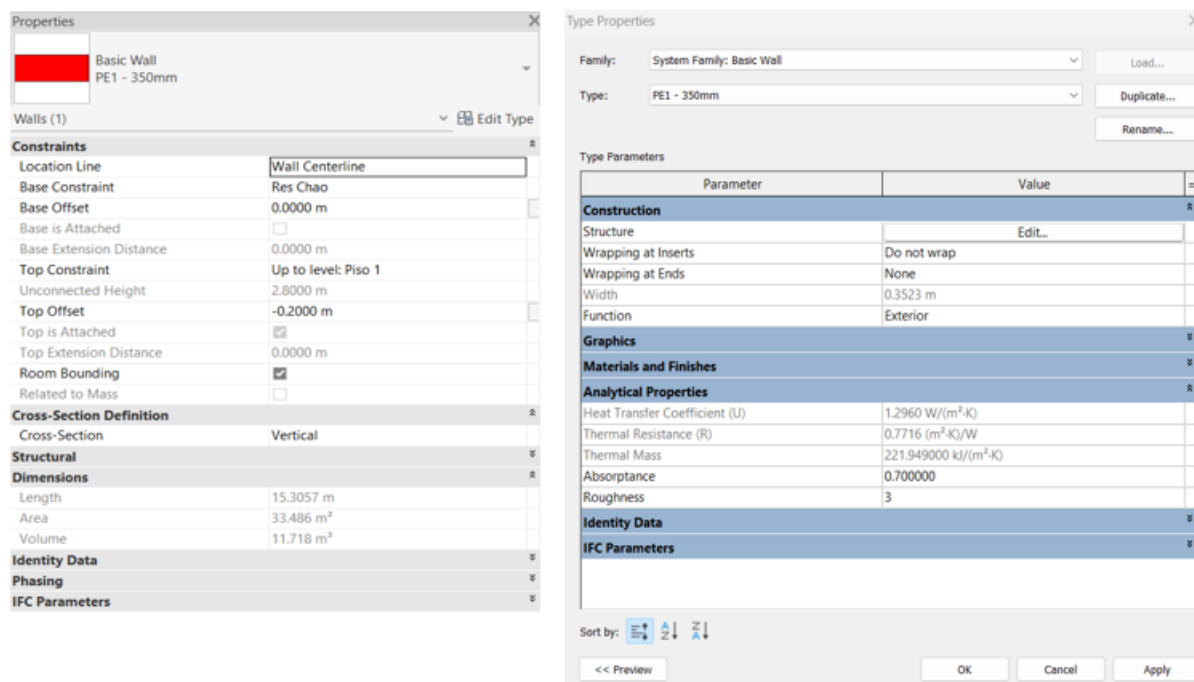


Figura 37 – Printscreen do Revit, com detalhe da definição das propriedades da parede exterior PE1

A Figura 38 mostra a edição da estrutura da parede, onde é feita a atribuição dos materiais que a constituem. No Revit, a caracterização das paredes para o cálculo da resistência térmica do elemento e, consequentemente, do coeficiente de transmissão térmica (U), é feita através do valor de condutibilidade térmica (λ) dos materiais que as compõem. Como o software não permite a introdução direta da resistência térmica dos elementos, a modelação térmica baseia-se na atribuição de materiais com condutibilidades térmicas específicas, que, em conjunto com as espessuras definidas, determinam a resistência global da parede.

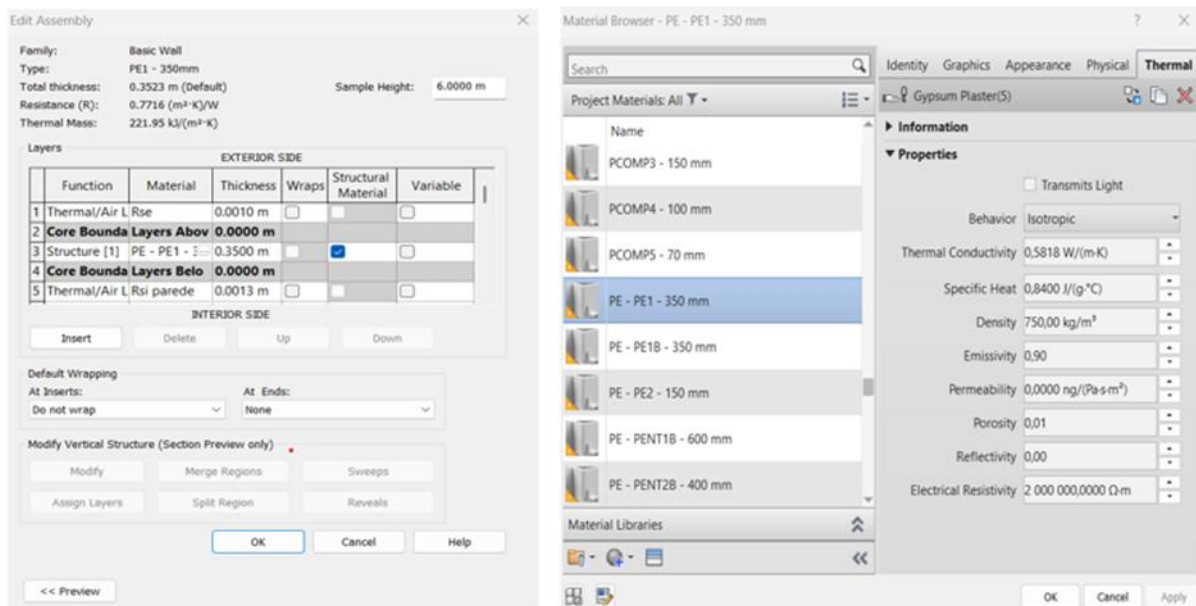


Figura 38 - Printscreen do Revit, com detalhe na definição da parede exterior PE1

Conforme mencionado no capítulo 3.1.4.1, a parede exterior PE1 apresenta um coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 1,296 W/(m².°C). A partir deste valor, é obtido o valor de condutibilidade térmica igual a 0,5818 W/(m.°C), que é inserido no programa na secção “*Thermal Conductivity*”, juntamente com a massa volúmica do elemento na secção “*Density*”.

É importante referir que o *software*, não considera as resistências superficiais externa (Rse) e interna (Rsi) automaticamente no cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U). Para garantir a correta representação do desempenho térmico dos elementos construtivos, foram introduzidas camadas térmicas (*Thermal/Air layer*) correspondentes a essas resistências. Essas camadas foram definidas para apresentar o valor de resistência pretendido com valores de condutibilidade térmica e espessura ajustados, de modo a replicar os valores normativos de Rsi e Rse presentes no Manual SCE. Com esta abordagem, assegura-se que o cálculo do coeficiente U reflete adequadamente a realidade térmica dos elementos analisados. O mesmo procedimento foi aplicado aos restantes elementos construtivos do edifício.

Em relação aos vãos envidraçados, a definição das propriedades térmicas e dimensionais foi realizada de acordo como subcapítulo 3.1.5. Na Figura 39, apresenta-se a caracterização do envidraçado VE2d, onde se verifica a introdução dos seus parâmetros térmicos e físicos. Entre as propriedades definidas, destacam-se o coeficiente de transmissão térmica (U), com um valor de 4,3 W/(m².K), e o fator solar ($g_{L,vi}$), igual a 0,75, que influenciam diretamente os ganhos térmicos do edifício. Adicionalmente, foram inseridas as dimensões do vão, garantindo a correta representação geométrica

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

do elemento no modelo. O mesmo procedimento foi aplicado aos restantes elementos construtivos do edifício.

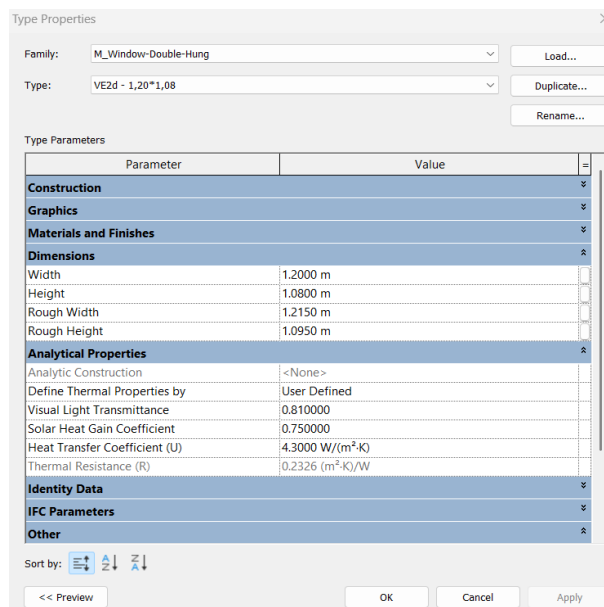


Figura 39 - Printscreen do *Revit*, com detalhe na definição dos envidraçados

4.1.3. CRIAÇÃO DO MODELO ENERGÉTICO ANALÍTICO

Para a simulação energética no *DesignBuilder*, foi necessário exportar o modelo do *Revit* para um ficheiro gbXML, utilizando o modelo energético analítico. A Figura 40 apresenta a representação do modelo gerado no *Revit*. Este modelo é constituído por volumes analíticos que representam os espaços energéticos, sendo delimitados automaticamente com base na geometria do edifício e nos seus elementos construtivos. Nas definições de energia foi definida a atribuição dos espaços energéticos através dos "Rooms" e "Spaces", de forma a garantir a correta definição dos espaços. O modelo energético analítico é essencial para a simulação do desempenho térmico do edifício, permitindo a caracterização das trocas de calor entre os diversos ambientes e com o exterior. A sua criação assegura que o ficheiro *gbXML* contenha informações detalhadas sobre a geometria, os elementos envolventes e as propriedades térmicas do edifício, facilitando a compatibilidade e a correta parametrização no *DesignBuilder*.

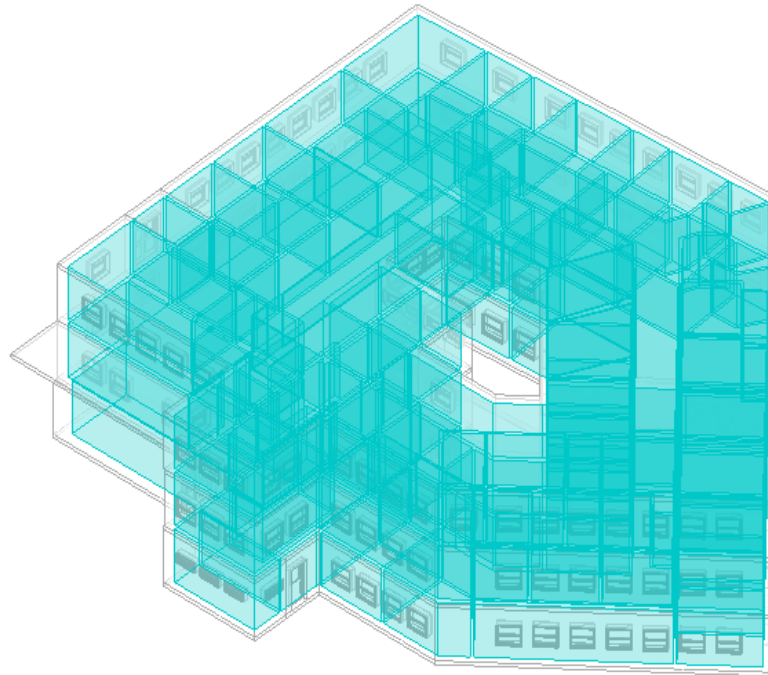


Figura 40 - Modelo energético analítico do edifício no Revit

4.2. INTEGRAÇÃO COM O DESIGNBUILDER

A criação de um novo projeto no *DesignBuilder* é a etapa inicial para a integração do ficheiro gbXML exportado no *Revit*. A Figura 41 apresenta a interface do software no momento da definição de um novo projeto, onde são configurados parâmetros essenciais como o título do projeto, o tipo de análise a ser realizada e a localização geográfica.

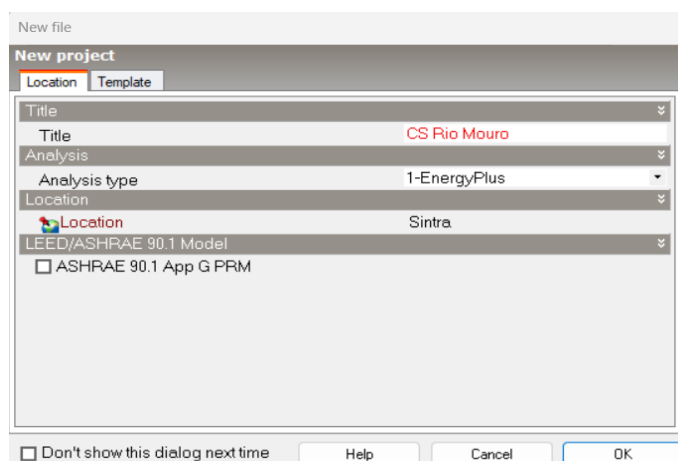


Figura 41 – Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na criação do projeto

4.3. PARAMETRIZAÇÃO NO DESIGNBUILDER

4.3.1. DADOS CLIMÁTICOS

Para a obtenção dos dados climáticos do edifício em estudo, recorreu-se ao *software* SCE.CLIMA, disponibilizado pela DGEG, que permite gerar ficheiros climáticos no formato .epw (*EnergyPlus Weather*). Este formato é compatível com ferramentas de simulação dinâmica, como o *DesignBuilder*, utilizado neste trabalho. A inserção dos dados no SCE.CLIMA requer a seleção do município onde se localiza o edifício, garantindo a correspondência com a zona climática regulamentar definida na legislação. Adicionalmente, a altitude foi ajustada para 152 metros, de forma a refletir as condições reais do local. Após essa seleção, o *software* gera automaticamente os parâmetros climáticos correspondentes e permite a exportação do ficheiro climático para utilização nas análises energéticas e térmicas do edifício. A Figura 42 apresenta a interface da folha de cálculo do SCE.CLIMA.

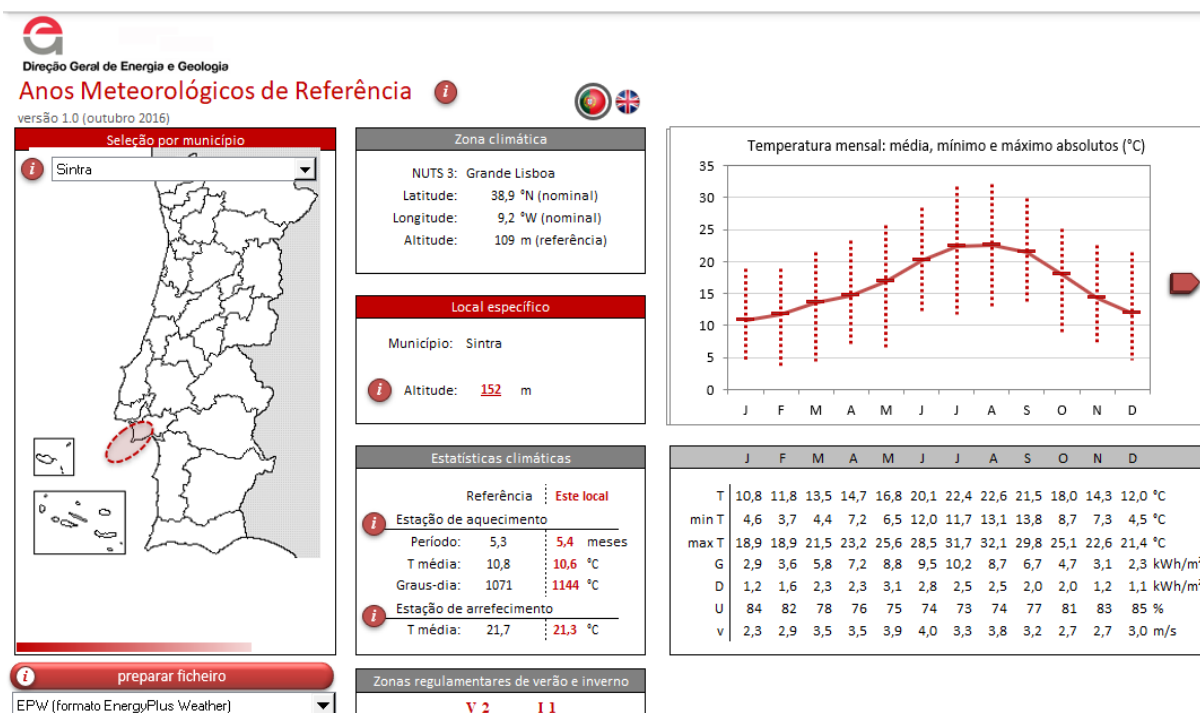


Figura 42 – Printscreen da interface do ficheiro climático gerado no SCE.CLIMA

Após a conversão do ficheiro climático (PRT_NUTS3_SINTRA.epw), este foi introduzido no *DesignBuilder* através do *template* 'Rio Mouro_152m', criado para o projeto. O ficheiro foi importado no separador *Simulation Weather Data*, na secção *Hourly Weather Data*, assegurando a correta atribuição dos dados climáticos específicos de Rio de Mouro ao modelo, conforme ilustrado na Figura 43.

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Além da altitude, os campos de latitude e longitude foram preenchidos manualmente, com base em coordenadas retiradas do *Google Earth*.

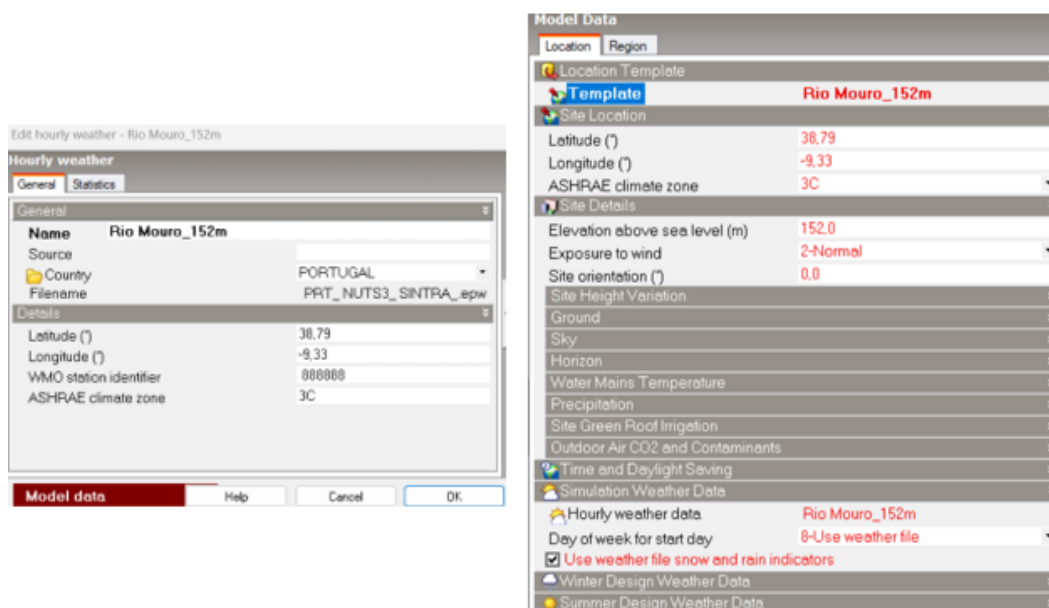


Figura 43 – *Printscreen* da integração do ficheiro climático no *DesignBuilder*

4.3.2. ENVOLVENTE OPACA

Conforme mencionado no subcapítulo 4.1.1, a geometria do edifício foi modelada no *Revit*, à exceção da cobertura e do terreno envolvente que foram modelados diretamente no *DesignBuilder* (Figura 30). Para a modelação do terreno, recorreu-se à ferramenta *Add new block*, onde foi feita a seleção do tipo de bloco, *Component Block*, com condição solo (“*Ground*”) representado a verde na Figura 30. Já para a cobertura foi utilizado o tipo *Building Block* com condição de cobertura inclinada (“*Pitched roof*”), ilustrado a cinzento na mesma figura. A modelação do terreno serviu essencialmente para considerar corretamente as paredes enterradas, permitindo uma análise precisa das interações térmicas com o solo. Já a cobertura representa o limite superior do edifício, desempenhando um papel crucial na envolvente térmica.

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

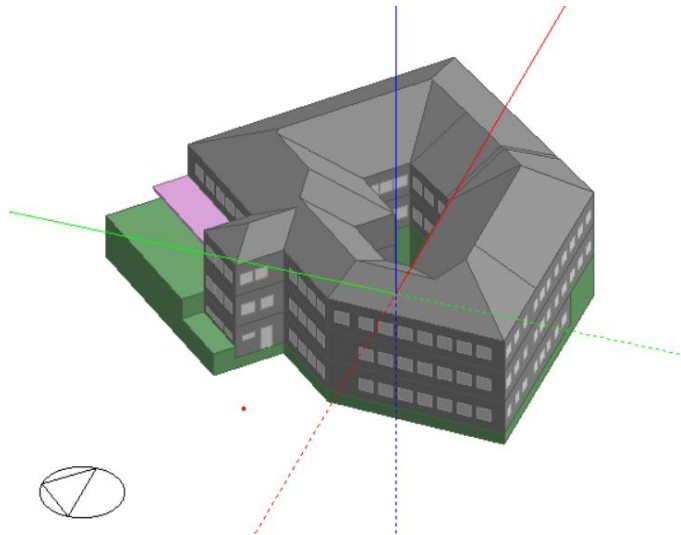


Figura 44 - Modelo geométrico do edifício

A Figura 45-a) apresenta o separador 'Construction' no *DesignBuilder*, onde é possível definir os elementos da envolvente opaca ao nível do edifício. As definições exibidas estão associadas ao *template* “*Project construction template*”, mas, como as tipologias de paredes, pavimentos e coberturas foram importadas diretamente através do ficheiro *gbXML*, as superfícies mantêm as propriedades específicas definidas no modelo original (Figura 45-b)).



a)



b)

Figura 45 - a) *Printscreen* do separador “Construction ” ao nível do edifício; b) *Printscreen* do separador “Construction ” ao nível da superfície do gabinete 1 (piso 0)

Identificou-se uma discrepância geométrica em relação às paredes exteriores. No formato gbXML, as paredes são frequentemente modeladas a partir do eixo central, o que, ao ser interpretado pelo *DesignBuilder*, resulta na duplicação automática da espessura real dos elementos (ex.: uma parede de 20 cm é lida como 40 cm). Essa divergência compromete tanto o cálculo do valor U, subestimado devido à espessura inflacionada, como a precisão das áreas dos espaços, já que as paredes "alargadas" invadem os limites dos compartimentos interiores. Para corrigir o problema, aplicou-se um ajuste manual às paredes exteriores, alterando a espessura e a condutibilidade térmica para metade no *DesignBuilder*. A Figura 46 apresenta o ajuste feito à parede exterior PE1, com espessura e condutividade térmica ajustadas para 0,18 m e 0,2991 W/(m.°C), respetivamente. Esta alteração garantiu a espessura construtiva real, preservando a integridade geométrica dos pavimentos e assegurando a precisão dos parâmetros térmicos na simulação.

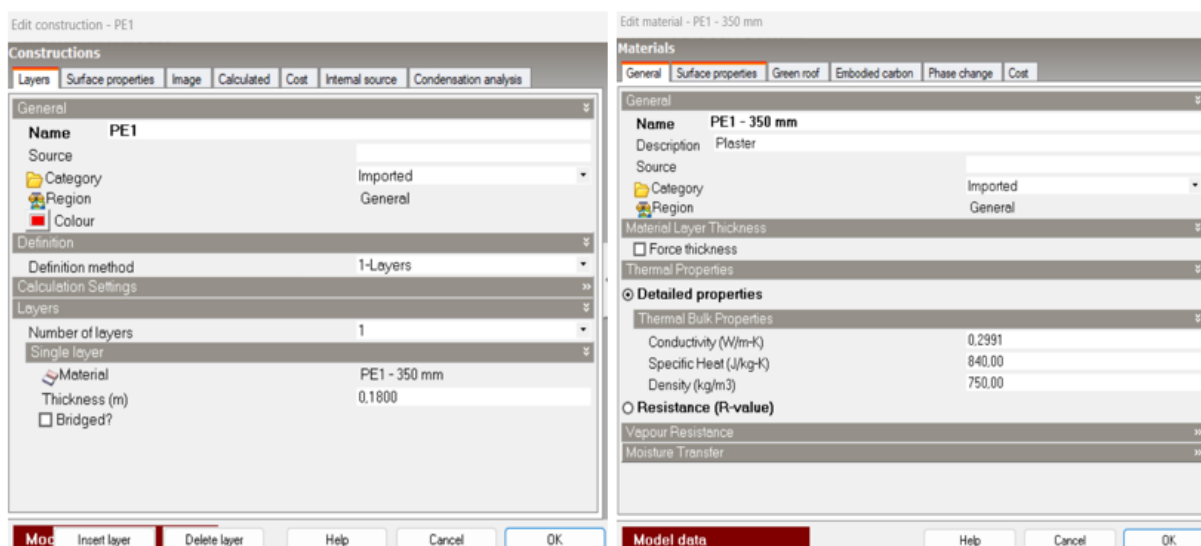


Figura 46 – Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe no ajuste feito à parede exterior PE1

4.3.3. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA E SISTEMAS DE PROTEÇÃO

A definição dos vãos envidraçados é realizada no separador “*Openings*”, onde são configuradas as propriedades do envidraçado, incluindo o tipo de vidro (“*Glazing Type*”), que define as suas características térmicas e óticas, e a associação a um template de vãos (“*Glazing Template*”), permitindo a padronização das configurações. À semelhança dos elementos opacos definidos anteriormente, os *templates* pré-definidos no *software DesignBuilder* estão destacados a vermelho.

Além disso, este separador possibilita a parametrização de sistemas de sombreamento (“*Shading*”) e a inclusão de elementos de moldura e divisórias (“*Frame and Dividers*”), que podem influenciar a transmissão térmica global do vão. Neste caso, a secção “*Frame and Dividers*” não se

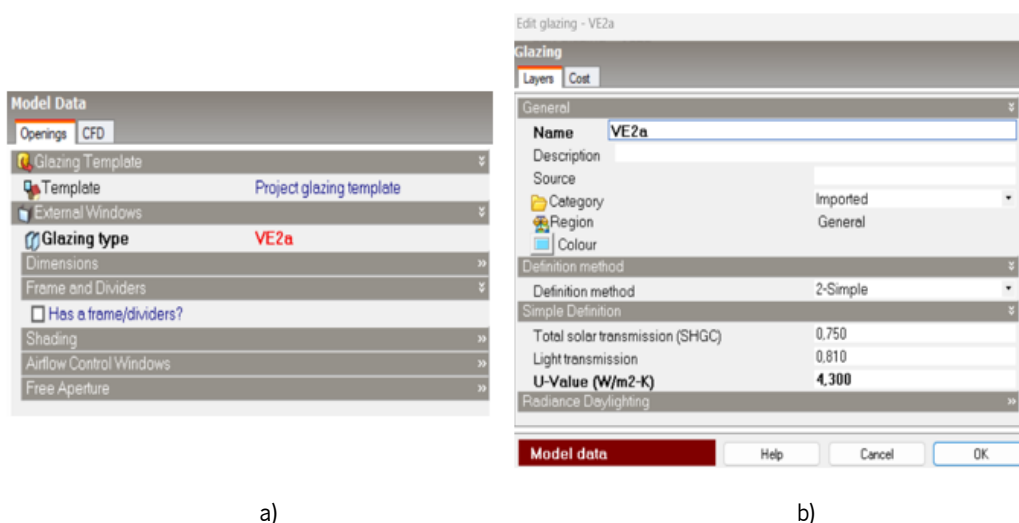
Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

encontra selecionada, uma vez que o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado já considera a caixilharia (Figura 47).



Figura 47 - Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na definição dos envidraçados no separador "Openings"

A Figura 48–a) ilustra a interface de configuração do vão envidraçado VE2a ao nível da superfície, através do separador “*Openings*”, onde são definidas as propriedades do envidraçado. Existem dois métodos disponíveis para essa definição: “*Material Layers*”, que permite caracterizar o vão através das camadas que o compõem, e “*Simple*”, onde são inseridos diretamente os valores globais dos parâmetros térmicos e óticos (Figura 48 – b)). Os coeficientes de transmissão térmica (*U-Value*), fator solar (*SHGC*) e transmissão luminosa (*Light Transmittance*) dos envidraçados não foram definidos nesta interface, mas sim importados, à semelhança dos elementos opacos. Assim, a função desta etapa é essencialmente de confirmação da correta atribuição de dados. Este procedimento foi aplicado para todos os perfis de vãos envidraçados.



a)

b)

Figura 48 - a) *Printscreen* do *DesignBuilder*, com detalhe na tipologia de envidraçado VE2a ao nível da superfície; b) *Printscreen* do *DesignBuilder*, com detalhe na definição do vão envidraçado VE2a, através da secção “Glazing Type”

Relativamente aos dispositivos de proteção solar, procedeu-se à sua configuração ao nível do edifício, uma vez que a tipologia VE2 (VE2a, VE2b, VE2c e VE2d), única que contém dispositivos de sombreamento, é a mais predominante no edifício. Como resultado, a opção “*Window Shading*” teve de ser desativada nos espaços que possuem vãos de tipologias diferentes (VE1, VE3), lembrando que as proteções foram inicialmente aplicadas ao nível do edifício e, portanto, herdadas por todos os espaços.

Em relação ao controlo destes dispositivos, conforme indicado no ponto 8.3.2 'Edifícios de Comércio e Serviços' do Manual SCE [45], os sistemas de proteção solar devem ser ativados sempre que a radiação solar incidente na fachada ultrapasse os 300 W/m². Alternativamente, o regulamento (subcapítulo 8.3.2 Manual SCE) também permite considerar que os dispositivos se encontram ativados em 60% da área do vão envidraçado ou outro método equivalente. Como o *DesignBuilder* disponibiliza o controlo com base na radiação solar incidente, este método foi utilizado (Figura 49).



Figura 49 - Printscreens do *DesignBuilder*, com detalhe na definição do dispositivo de proteção solar, através da secção “Shading” ao nível do edifício

A atribuição das propriedades térmicas e óticas à persiana exterior foi feita na janela “*Edit window shade*” através da secção “*Type*” (Figura 36), com base num dos templates pré-definidos existentes na biblioteca do *software*, tendo sido ajustados os parâmetros para refletir as características do material utilizado (PVC). A correta definição destes parâmetros é essencial para que a simulação reflita adequadamente o impacto da persiana no desempenho térmico do edifício.

Conforme representado na Figura 50, foi considerada uma espessura de 3 mm, valor típico para réguas plásticas, e a condutividade térmica fixada em 0,19 W/m.°C, correspondente ao PVC. Relativamente às propriedades óticas, a transmitância solar foi definida com o valor de 0,04, valor indicado na Tabela 48 do Manual SCE [45] para representar o fator solar do vão envidraçado com o sistema de proteção solar totalmente ativado. A refletância solar foi estabelecida em 0,60, refletindo a capacidade das réguas plásticas de cor clara de reduzirem a absorção de radiação. Os campos da transmitância (“*Visible transmittance*”) e refletância (“*Visible reflectance*”) visível foram ambos fixados em 0,50, de forma a assegurar um equilíbrio entre a entrada de luz natural e a redução dos ganhos

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

térmicos. Quanto às propriedades de onda longa, foi assumida uma emissividade de 0,90, característica dos plásticos, e uma transmitância nula, dado que o material é opaco à radiação térmica.

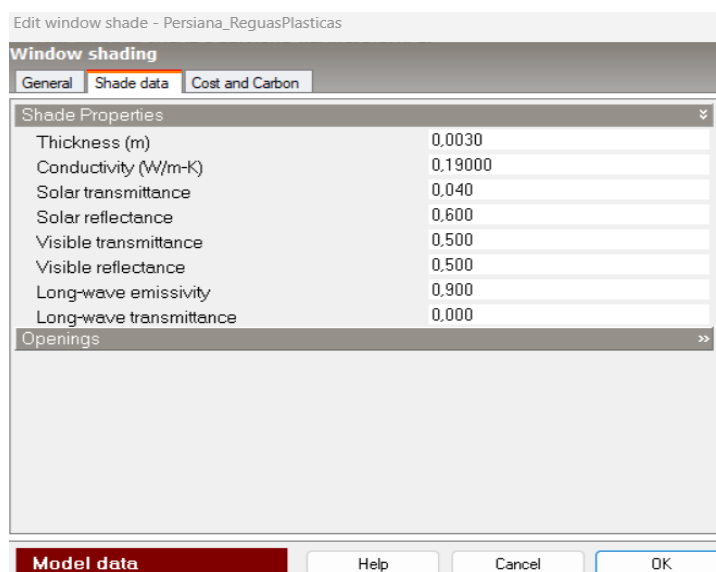
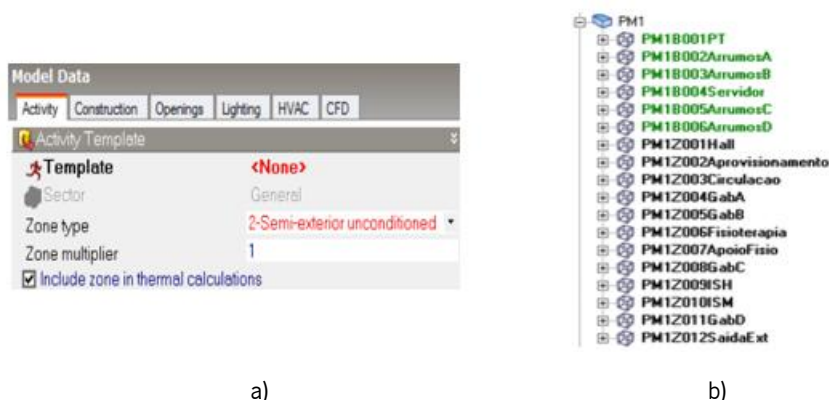


Figura 50 – Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na inserção das propriedades do dispositivo de proteção

4.3.4. DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS INTERIORES

Inicialmente, todos os espaços do modelo são considerados úteis, com a condição “*1-Standard*” associada no programa. Para a definição dos espaços interiores não úteis, mencionados no subcapítulo 3.1, foi seleccionada a opção “*2-Semi-exterior unconditioned*” ao nível da zona de todos os espaços considerados não úteis, através da secção “*Activity Template*” no separador “*Activity*” (Figura 51 – a)). Estes espaços aparecem representados a verde no painel de navegação do *DesignBuilder*, conforme ilustrado na Figura 51 – b).



a)

b)

Figura 51 - a) Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na definição dos espaços não úteis ao nível da zona, através do separador “*Activity*”; b) Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na representação das zonas do bloco PM1 (piso -1), no painel de navegação

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

De seguida, para a definição dos espaços interiores foi utilizada a ferramenta *Model Data Grid View* (Figura 52) integrada no *DesignBuilder*, que possibilita a exportação dos dados do modelo no formato .csv (*comma-separated values*). Posto isto, os dados foram extraídos e posteriormente importados para uma folha de cálculo Excel disponibilizada pela empresa (STEG). Nesta folha, os dados relativos à ocupação, iluminação e equipamentos foram editados e organizados conforme as necessidades do estudo. Esta etapa permitiu a manipulação mais eficiente da informação antes da sua reintrodução no *DesignBuilder*. A importação dos dados no programa permitiu que estes fossem automaticamente atribuídos a cada zona, agilizando significativamente o processo face à inserção manual.

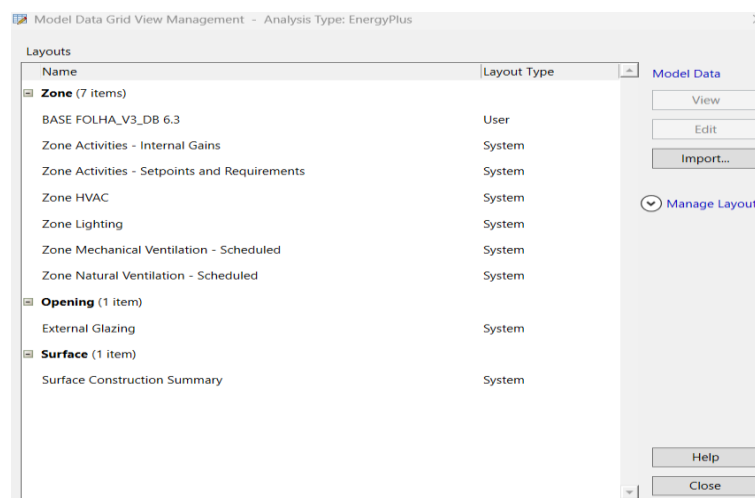


Figura 52 – Printscreen da ferramenta “Model Data Grid View” no *DesignBuilder*

4.3.4.1. DEFINIÇÃO DE OCUPAÇÃO, ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS

A ocupação foi introduzida no *software*, tendo por base, o número de pessoas em cada divisão, associado a um horário de ocupação. Os valores correspondentes à ocupação e aos perfis podem ser consultados no subcapítulo 3.4.

Para a criação dos perfis de utilização, foram feitas cópias de *templates* existentes na biblioteca do programa inseridos na categoria “*Offices/Workshop business*”, procedendo-se à sua edição. Os perfis de ocupação e de equipamentos foram atribuídos no separador “*Activity*”, os perfis de iluminação no separador “*Lighting*” e os perfis de climatização no separador “*HVAC*”.

A Figura 53, diz respeito à tipologia gabinetes, cujos perfis de ocupação, iluminação e equipamentos foram organizados sob um único nome, “OCUP/ILUM/EQUIP GABINETES”, uma vez que são idênticos para estes espaços.

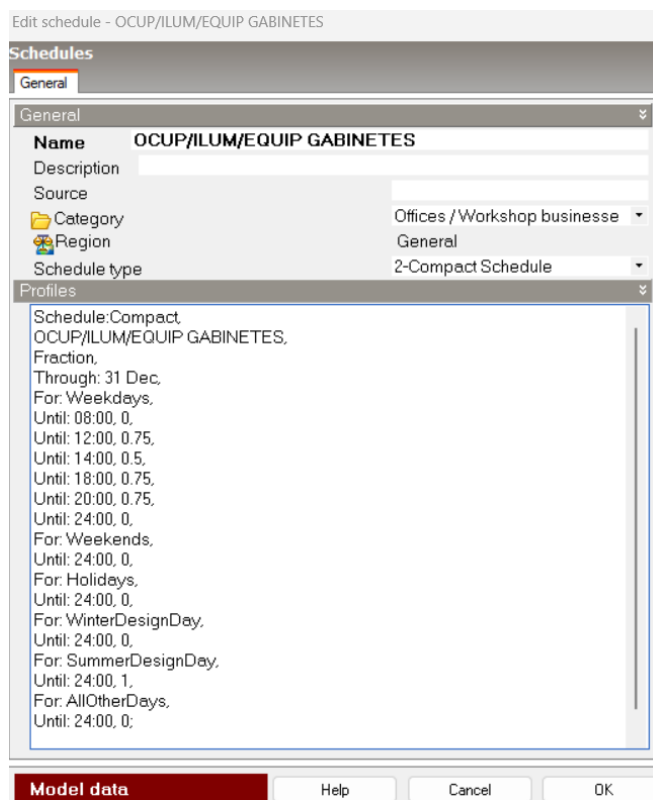


Figura 53 – Printscreen do *DesignBuilder* da na definição do perfil horário dos gabinetes

Ao configurar os perfis no *DesignBuilder*, é fundamental que cada perfil horário abranja todos os dias do ano e todas as horas do dia, garantindo que não haja períodos não definidos que possam comprometer a precisão da simulação.

A definição dos sistemas de iluminação é feita a partir do separador "*Lighting*", onde é possível introduzir a potência de iluminação, bem como um perfil horário, entre outros. Conforme mencionado anteriormente, os dados foram importados e encontram-se representados a vermelho na Figura 54, referente ao gabinete 1 (piso 0). A potência e o perfil de iluminação associado a cada espaço podem ser consultados no anexo 8 e no subcapítulo 3.4, respetivamente. Os campos "*Lighting Control*" e "*Task and Display Lighting*" estão desativados, dada a inexistência de sistemas de controlo de luminosidade e de iluminação decorativa. Este procedimento foi adotado para todos os espaços do edifício.

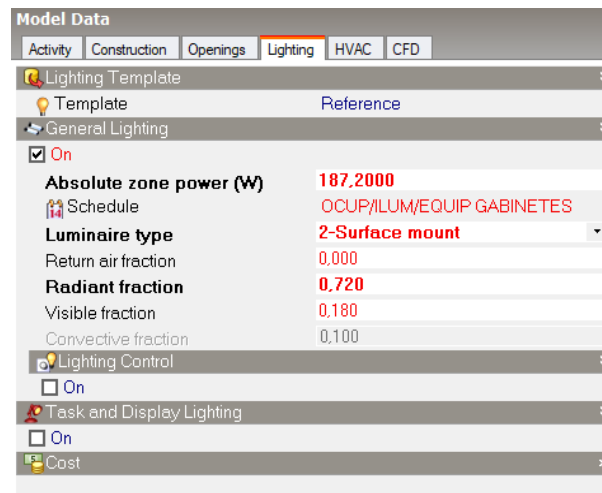


Figura 54 - Printscreen do *DesignBuilder*, com detalhe na definição dos sistemas de iluminação (gabinete 1), através do separador "Lighting"

Em relação à iluminação exterior, esta é configurada no separador "Lighting" ao nível do edifício, ao contrário da iluminação interior, definida ao nível da zona. A potência total da iluminação exterior pode ser consultada no subcapítulo 3.2.3. Quanto ao perfil de operação, por falta de informação, foi definido como "ON 24/7", o que representa um funcionamento contínuo ao longo das 24 horas do dia, durante toda a semana. No entanto, na opção "Control option", foi selecionada a configuração "Schedule + override off in daytime", que permite que a iluminação exterior seja automaticamente desligada durante o período de luz natural. Este controlo visa reduzir o consumo energético desnecessário e garantir a operação eficiente do sistema.

Os equipamentos estão associados à aba "Miscellaneous" no separador "Activity", onde são definidas a potência dos equipamentos para cada espaço e o template com o respetivo perfil horário de funcionamento. Neste separador, a opção "Electricity from grid" foi automaticamente atribuída na secção "Fuel", refletindo a dependência exclusiva de energia elétrica para o funcionamento dos equipamentos.

4.3.4.2. CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO (HVAC)

Para concluir a parametrização no *DesignBuilder*, falta definir os sistemas AVAC. Conforme mencionado no capítulo 3, o edifício é desprovido de sistemas de ventilação mecânica, sendo a ventilação assegurada de forma natural maioritariamente pelas infiltrações no edifício. As taxas de infiltração, estão presentes no Anexo 7, e foram configuradas no separador "Construction" na secção "Airtightness" do programa.

A definição dos sistemas de climatização foi feita no separador "HVAC", onde é possível consultar os dados importados, por meio da ferramenta *Model Data Grid View*. Embora não existam sistemas de ventilação mecânica no edifício existente, esta opção foi habilitada na configuração dos sistemas AVAC

para permitir a futura definição dos sistemas por defeito necessários no edifício previsto, cuja caracterização será apresentada posteriormente. No entanto, no edifício real, a ventilação mecânica não será contabilizada na simulação, uma vez que não foram criados sistemas responsáveis por esse processo. À semelhança, os campos de aquecimento e arrefecimento encontram-se ativos para todos os espaços úteis, contudo, estes processos apenas se verificam para os espaços climatizados, mencionados no subcapítulo 3.2.2. Para os restantes espaços não existem sistemas associados, logo não são considerados na simulação dinâmica. O campo da ventilação natural foi desativado, uma vez que esta já foi considerada anteriormente no separador “*Construction*”. A título de exemplo, a Figura 55, apresenta a configuração dos sistemas AVAC do gabinete 1 (Piso 0).

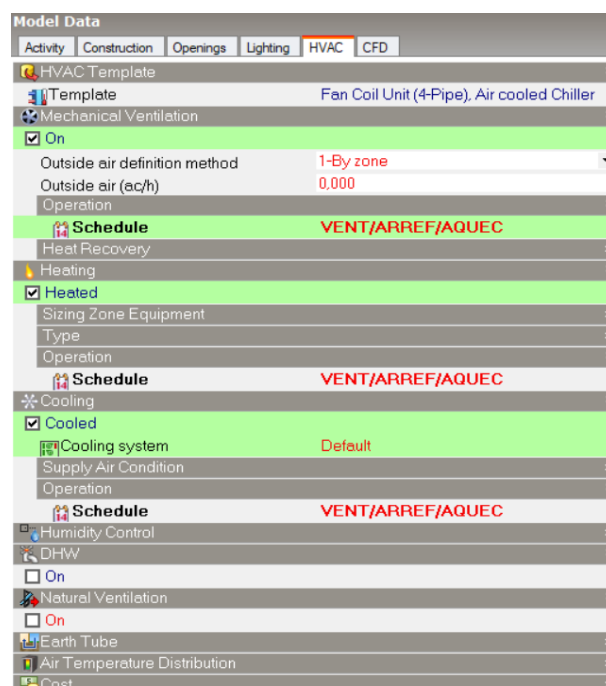


Figura 55 - *Printscreen* do *DesignBuilder*, com detalhe na configuração dos sistemas AVAC, através do separador "HVAC"

4.3.4.3. MODELAÇÃO DO SISTEMA AVAC

A modelação dos sistemas AVAC exigiu a identificação das zonas climatizadas e a correspondente associação aos equipamentos de expansão direta do tipo split. No *DesignBuilder*, a criação de zonas permite agrupar vários espaços que compartilham o mesmo sistema de climatização, no entanto, neste caso específico, cada zona corresponde a um único espaço, uma vez que existem oito sistemas, cada um dedicado exclusivamente a um destes ambientes. Na Figura 56, é apresentada a distribuição das unidades de climatização em “*group zones*” pelos diferentes espaços do edifício, nomeadamente a sala do servidor, o gabinete 19, o gabinete 3, o gabinete 17, o gabinete 16, a sala de tratamentos, o gabinete 9 e a sala de reuniões.

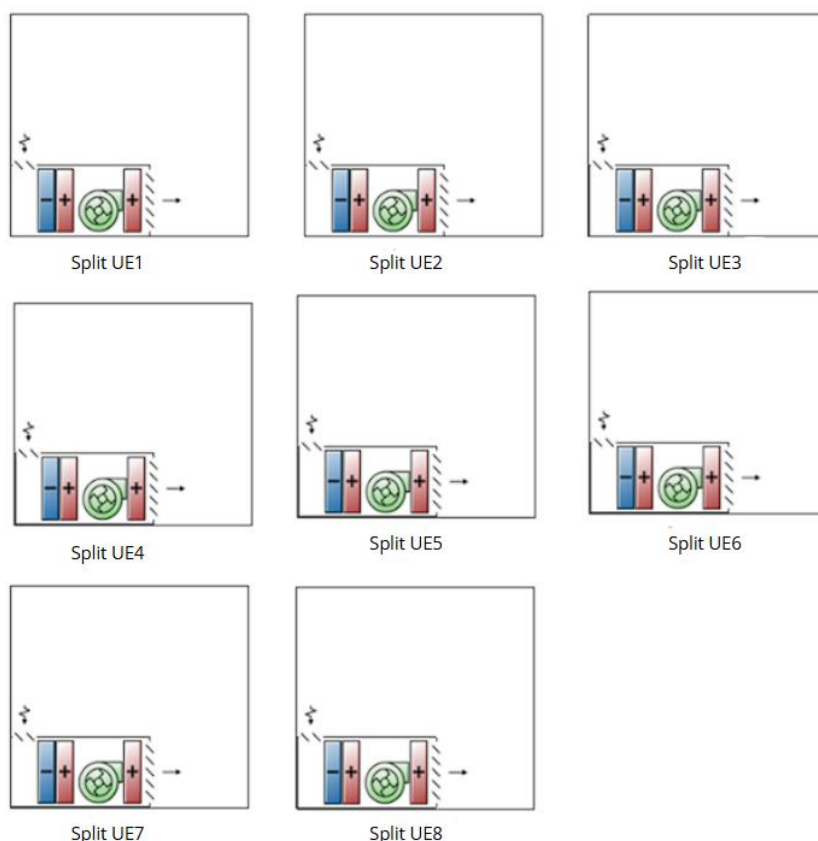


Figura 56 - Atribuição dos sistemas de climatização às “group zones”

Após a criação das zonas para cada espaço climatizado, foi inserida em cada uma delas uma *Packaged Terminal Heat Pump* (PTHP), um equipamento representativo dos sistemas split existentes. A escolha desta tecnologia deveu-se à sua semelhança operacional com os sistemas instalados. No entanto, ao contrário dos splits convencionais, a *PTHP* integra todos os componentes numa única unidade, o que simplifica a modelação no *DesignBuilder*, eliminando a necessidade de representar separadamente unidades interiores e exteriores.

A Figura 57 representa o esquema funcional da *PTHP* no *DesignBuilder*, destacando os seus principais componentes. À esquerda, encontra-se a bateria de arrefecimento (*PTHP DX Cooling Coil*), responsável pela remoção de calor do ar, através do ciclo de compressão a vapor. De seguida, está a bateria de aquecimento (*PTHP DX Heating Coil*), que permite o aquecimento do ar utilizando o mesmo princípio da bomba de calor. No centro, encontra-se o ventilador de insuflação (*PTHP Supply Fan*), que promove a circulação do ar para o espaço climatizado. Por fim, à direita, está representada uma resistência elétrica auxiliar (*PTHP Heating Coil*), que pode ser ativada para fornecer calor adicional quando necessário, embora nesta modelação específica se encontre desativada.

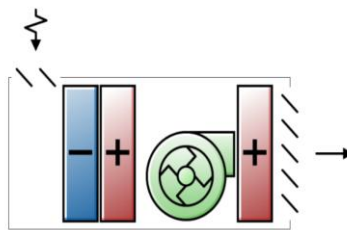


Figura 57 - Representação do sistema PTHP, no DesignBuilder

De seguida, procedeu-se à configuração dos elementos pertencentes ao sistema split, nomeadamente as baterias de arrefecimento (*DX Cooling Coil*) e aquecimento (*DX Heating Coil*) e a resistência elétrica auxiliar. A nomenclatura "*DX*" presente nas baterias indica a utilização de expansão direta para o tratamento do ar insuflado no edifício.

Para as baterias de arrefecimento e aquecimento, foram inseridos os valores de eficiência energética (COP/EER) apresentados no subcapítulo 3.2.2, referentes aos sistemas AVAC. Além disso, foram ainda associados os respetivos perfis de climatização. No caso da bateria de aquecimento, o período de funcionamento da opção de descongelamento ("*Defrost time period fraction*") foi considerado nulo, uma vez que esta funcionalidade não está disponível no elemento modelado.

As restantes propriedades visíveis na Figura 58, nomeadamente a capacidade de arrefecimento e aquecimento total nominal ("*Rated Total Cooling Capacity*", "*Rated Total Heating Capacity*"), o rácio nominal de calor sensível ("*Rated sensible heat ratio*"), a taxa de fluxo de ar ("*Rated airflow rate*") e a capacidade nominal ("*Nominal capacity*"), não foram alteradas, permanecendo na condição "*Autosize*". No *DesignBuilder*, essa configuração significa que os valores desses parâmetros são automaticamente dimensionados pelo software com base nas cargas térmicas do espaço e nos requisitos de climatização definidos. Dessa forma, o dimensionamento é ajustado conforme a simulação, evitando a necessidade de inserção manual de valores e permitindo uma adaptação dinâmica do sistema às condições do modelo. Por fim, a resistência elétrica auxiliar (*PTHP Heating Coil*) foi considerada inativa através da atribuição do perfil horário "Off 24H". Estas configurações foram asseguradas para todos os sistemas associados aos espaços com climatização.

The figure displays three screenshots of a software interface for configuring HVAC components. Each window has a 'DX Cooling Coil' or 'Heating Coil' tab and a 'Target' button.

DX cooling coil

General	
Name	P00:P00Z028Gab19 PTHP DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Gross rated COP	2.2500
Rated air flow rate (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s))	773.300

Operation: VENT/ARREF/AQUEC

DX heating coil

General	
Title	P00:P00Z028Gab19 PTHP DX Heating
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	2.2500
Rated air flow (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W...	773.300

Defrost

Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.000000
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost o...	5.0

Performance Curves: >>
Crankcase Heater: >>
Operation: VENT/ARREF/AQUEC

Heating Coil

General	
Name	P00:P00Z028Gab19 PTHP Heating
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize

Operation: Off 24/7

Figura 58 - Configuração das propriedades dos constituintes do sistema PTHP

Complementarmente, foi estipulado o *setpoint* e o *setback* de temperatura na secção “*Environmental Control*”, do separador “*Activity*”. Estes valores traduzem a temperatura pretendida no interior do edifício aquando do seu funcionamento e quando este se encontra encerrado, respetivamente. Todas as zonas úteis foram definidas com uma temperatura interior de 25°C na estação de arrefecimento e de 20°C na estação de aquecimento, à exceção da sala de servidor cuja temperatura permanece a 18°C ao longo de todo o ano, resultando nos valores apresentados a vermelho na Figura 59, relativos ao edifício. Os valores foram definidos desta forma, caso fosse definido uma carga inferior a 50% o sistema não trabalhar para outra gama de temperatura.

Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	20,0
Heating set back (°C)	20,0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (°C)	25,0
Cooling set back (°C)	25,0
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	18,0
Heating set back (°C)	18,0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (°C)	18,0
Cooling set back (°C)	18,0

Figura 59 - Configuração dos setpoints e setbacks de temperatura do caso de estudo

4.3.5. CALIBRAÇÃO DO MODELO

A calibração do modelo desempenha um papel determinante na aproximação entre os resultados simulados e o desempenho energético real do edifício. Segundo os critérios definidos pelo RECS, considera-se que o modelo atinge um nível de calibração aceitável quando a diferença entre o consumo energético anual estimado e o valor registado nas faturas não ultrapassa os 10%. Esta condição assegura que os resultados da simulação são suficientemente representativos para suportar análises técnicas fiáveis. Isto porque, uma modelação inicial, mesmo que baseada em dados construtivos e operacionais detalhados, é natural que apresente discrepâncias em relação aos consumos reais. Assim, a calibração permite adequar os principais parâmetros do modelo, reduzindo essas diferenças e aumentando a fiabilidade dos resultados obtidos. Com isto em mente, foram efetuadas diversas simulações com ajustes nos perfis do edifício.

Após a calibração, o consumo anual estimado pelo modelo foi de 108 671 kWh, com uma discrepância de 2,7% em relação ao real faturado correspondente a 111 720 kWh (Tabela 31). Este resultado confirma que o modelo simulado reflete com boa aproximação o consumo global anual do edifício, permitindo a sua utilização para análises futuras.

Tabela 31 - Consumo de energia elétrica no ano de 2021

Mês	Ponta (kWh)	Cheia (kWh)	Vazio (kWh)	Super Vazio (kWh)	Total (kWh)
JAN	4720	9745	1507	686	16658
FEV	3406	7284	1335	662	12687
MAR	2896	6343	1261	652	11152
ABR	1340	5165	1278	617	8400
MAI	1143	4305	1288	628	7364
JUN	924	3598	1177	604	6303
JUL	1006	3823	1015	588	6432
AGO	1008	3812	1072	597	6489
SET	1031	3867	983	579	6460
OUT	1000	3927	1318	653	6898
NOV	2897	6119	1619	844	11479
DEZ	2999	6252	1424	723	11398
Total	24370	64240	15277	7833	111720

4.3.6. CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EXISTENTE

Neste subcapítulo, apresenta-se a desagregação dos consumos energéticos do edifício existente, obtida através da simulação dinâmica multizona. O objetivo da simulação foi determinar o consumo anual de energia do modelo, com um total de 108 671 kWh. Como parte deste processo, os consumos foram categorizados por diferentes usos, conforme apresentado na Figura 60.

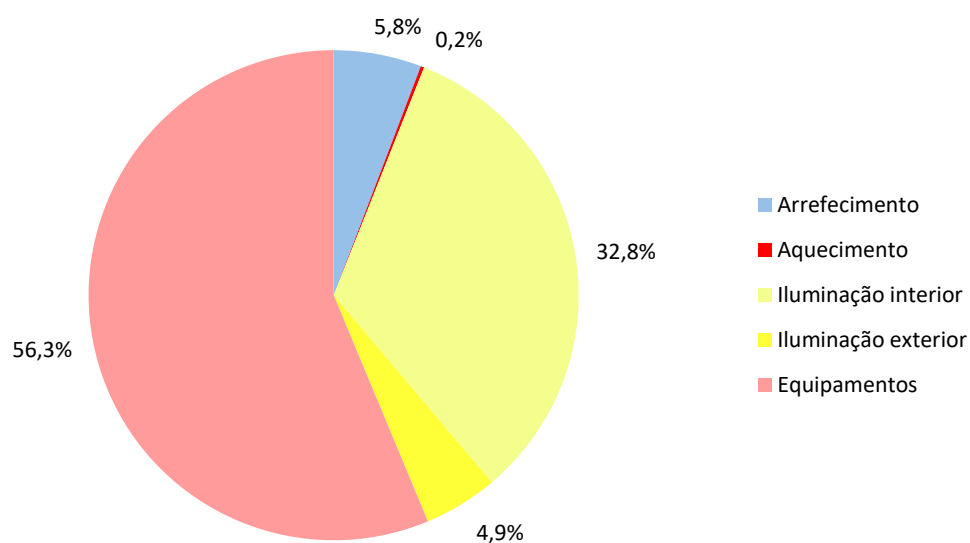


Figura 60 - Decomposição dos consumos anuais de energia do edifício

Da análise aos resultados obtidos, conclui-se que a maior parte da energia consumida no edifício está associada aos equipamentos, que representam 56,3% do consumo total, correspondente a 61 167 kWh. É importante também mencionar a iluminação interior, responsável por 32,8% (35 663 kWh) deste consumo. Com contributos mais pequenos, o arrefecimento e a iluminação exterior que representam 5,8% (6292 kWh) e 4,9% (5304 kWh), respetivamente. Por último, o consumo residual associado ao aquecimento, com apenas 0,2% (246 kWh).

4.4. EDIFÍCIO PREVISTO

A partir do modelo calibrado resultante da Simulação Dinâmica Multizona (SDM), foram feitas as adaptações necessárias para a definição do edifício previsto, assegurando o cumprimento das diretrizes presentes na Tabela 101 do Manual SCE [45] para a determinação do IEEprev. Das principais alterações destaca-se a ventilação e a climatização.

Relativamente ao ar novo, foram considerados os caudais mínimos regulamentares determinados pelo método prescritivo, sem a contabilização da taxa de remoção de poluentes (ϵ_v), que constam no Anexo 10. Estes valores foram atribuídos a todos os espaços úteis do edifício, com exceção dos espaços de passagem ou de ocupação reduzida (corredores, instalações sanitárias, sala de resíduos e área de aprovisionamento), que foram organizados na zona AVAC “0_Sistema SC”. Para a climatização, foram introduzidas no programa equipamentos por defeito (chiller bomba de calor de compressão com permuta exterior a ar) em todos os espaços úteis que não eram climatizados no edifício real, adotando a eficiência energética por defeito, com COP = 3,0 e EER = 2,9, e sem contabilização da componente renovável aerotérmica. Esta abordagem foi aplicada tanto aos espaços da zona AVAC “1_Sistema VCF + OAF”, que agrupa os espaços aos quais foi atribuída climatização e ar novo, como aos espaços organizados na zona AVAC ‘0_Sistema SC’, aos quais só se atribuiu climatização. O esquema da instalação encontra-se representado na Figura 61.

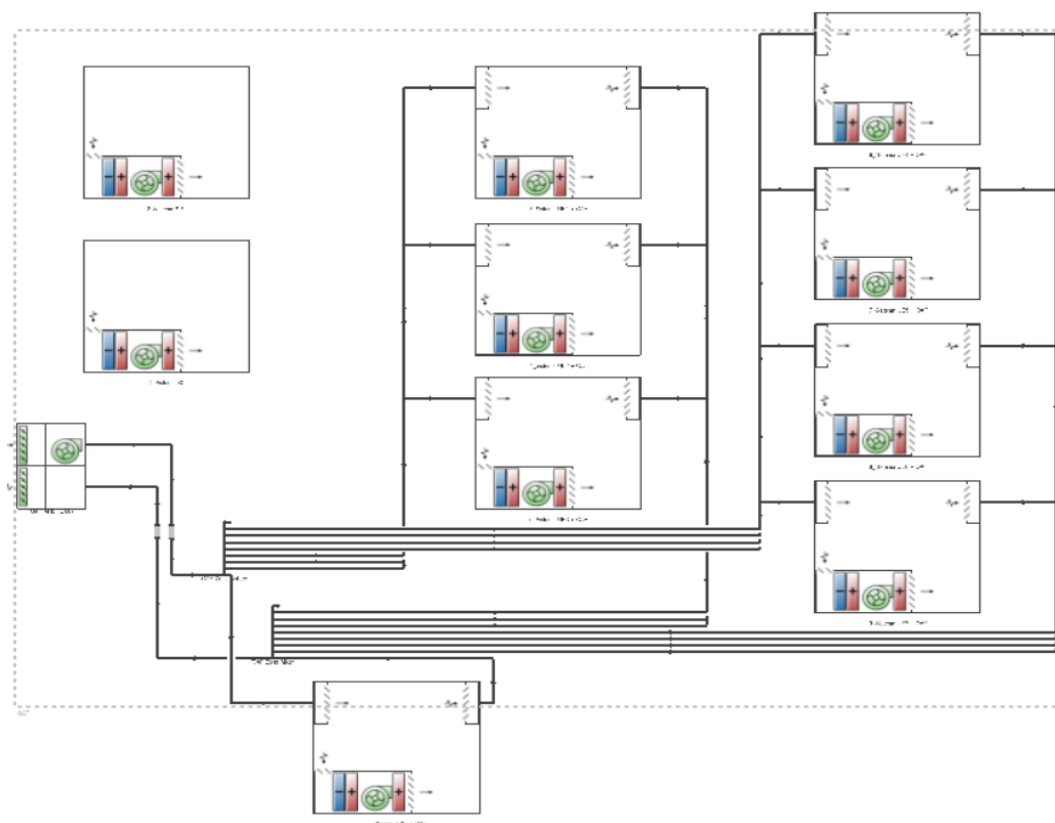


Figura 61 - Representação do esquema AVAC do edifício previsto no *DesignBuilder*

4.5. EDIFÍCIO REFERÊNCIA

Para a definição do edifício de referência, foi necessário proceder a ajustes no modelo do edifício previsto, assegurando a conformidade com as diretrizes estabelecidas na Tabela 102 do Manual SCE [45]. Estas condições de referência garantem que a avaliação do desempenho energético do edifício seja conduzida com base em critérios uniformes e normalizados.

Uma das principais alterações consistiu na adaptação das características térmicas dos elementos da envolvente opaca, cujos coeficientes de transmissão térmica foram ajustados de acordo com os valores de referência definidos na Tabela 103 do Manual SCE [45], considerando a zona climática I1. Assim, para os elementos verticais, nomeadamente paredes exteriores e paredes interiores que separam espaços úteis de não úteis, foi adotado um coeficiente de transmissão térmica (U) de $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Já para os elementos horizontais, incluindo pavimentos interiores e coberturas interiores e exteriores, o coeficiente de transmissão térmica adotado foi de $0,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. A atribuição destes valores de U no modelo foi realizada através da alteração do valor da condutibilidade térmica dos materiais, mantendo inalteradas a densidade e o calor específico. Desta forma, a capacidade térmica volumétrica dos elementos construtivos manteve-se constante, preservando a inércia térmica do edifício. Optou-se por esta abordagem em vez da introdução de isolamento térmico, uma vez que a adição de uma nova

camada de material implicaria a redução da área útil interior do edifício, isto porque, conforme explicado anteriormente, a modelação das paredes foi realizada a partir do centro, sendo qualquer incremento na espessura distribuído uniformemente para o interior e para o exterior. Adicionalmente, segundo a regulamentação, os elementos construtivos devem assumir um valor de absorvância de 0,4. No caso do edifício em estudo, a cor do revestimento superficial exterior das paredes exteriores já apresentava uma tonalidade creme/amarela, compatível com este valor de referência, pelo que a única alteração foi realizada na cobertura exterior, ajustando a sua absorvância para 0,4.

Relativamente à envolvente envidraçada, os coeficientes de transmissão térmica dos vãos foram ajustados para $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, conforme os valores definidos na Tabela 103 do Manual SCE [45]. Além disso, o fator solar dos vãos envidraçados foi fixado em 0,20, seguindo o estabelecido na Tabela 104 do mesmo manual, para a zona climática V2 (Tabela 32). Para que o modelo refletisse corretamente as condições de referência, foram eliminados os elementos construtivos de sombreamento, como palas, e desconsiderados os dispositivos de proteção solar, tendo-se desativado a opção “*Window shading*” ao nível do edifício no *software* de simulação.

Tabela 32 - Valores de referência para o coeficiente de transmissão térmica e fator solar da envolvente opaca do caso de estudo

		Uref [$\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]	g _{totref}
Envolvente opaca	Elementos verticais	0,70	
	Elementos horizontais	0,50	
Envolvente envidraçada		4,30	0,20

No que diz respeito à relação entre vãos envidraçados e fachada, foi analisada a proporção entre a área de vãos verticais e a área da superfície onde estes se inserem, conforme estabelecido na regulamentação. De acordo com as condições de referência, sempre que essa relação for superior a 30%, a área excedente deve ser convertida em elemento opaco, assumindo as características da envolvente adjacente. No entanto verificou-se que em nenhuma das fachadas do edifício, a área de envidraçado ultrapassava este limite, não tendo sido necessário proceder a qualquer ajuste na modelação dos vãos.

Ao nível da ventilação, os caudais de ar novo foram redefinidos, mantendo-se os valores do edifício previsto, afetados de uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8. Estes valores podem ser consultados no Anexo 10 e foram introduzidos manualmente no programa.

Para o sistema de iluminação, a potência instalada de referência (Anexo 8) foi determinada com base na densidade de potência de iluminação máxima para 100 lux ($DPI_{100lx,max}$), retirada da Tabela 25 da Portaria nº 138-I/2021 [10], na iluminância média requerida, extraída do Anexo IV do Manual SCE [45], e na área do espaço correspondente. O cálculo seguiu a Equação (13), aplicada de forma inversa relativamente à abordagem utilizada no subcapítulo 3.2.3.

$$P_{inst,ref} = \frac{DPI_{100lx,max} \times A_{esp} \times \bar{E}_{m req}}{100} \quad (13)$$

Relativamente aos sistemas de climatização, a eficiência energética dos sistemas existentes atribuídos aos espaços climatizados do edifício previsto foi ajustada para os valores de referência, passando de valores de COP e EER de 2,25 para COP de 3 e EER de 2,9. Nos restantes espaços climatizados, onde já estavam associados sistemas fictícios com estes valores de eficiência, não foi necessário proceder a qualquer alteração. As alterações descritas foram fundamentais para garantir que o modelo do edifício de referência refletisse as premissas exigidas, permitindo uma análise comparativa rigorosa entre o desempenho energético do edifício previsto e os parâmetros regulamentares de referência.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. GANHOS INTERNOS

A identificação dos ganhos internos do edifício permite reconhecer as principais fontes de energia térmica gerada no interior dos espaços, que contribuem significativamente para a variação das necessidades de climatização, em particular para o aumento das exigências de arrefecimento. Estes ganhos internos resultam da presença de pessoas, do funcionamento dos equipamentos e sistemas de iluminação, bem como da radiação solar que penetra no edifício através dos envidraçados.

A Figura 62 apresenta os ganhos internos anuais do edifício previsto, discriminando as diferentes fontes de ganhos térmicos.

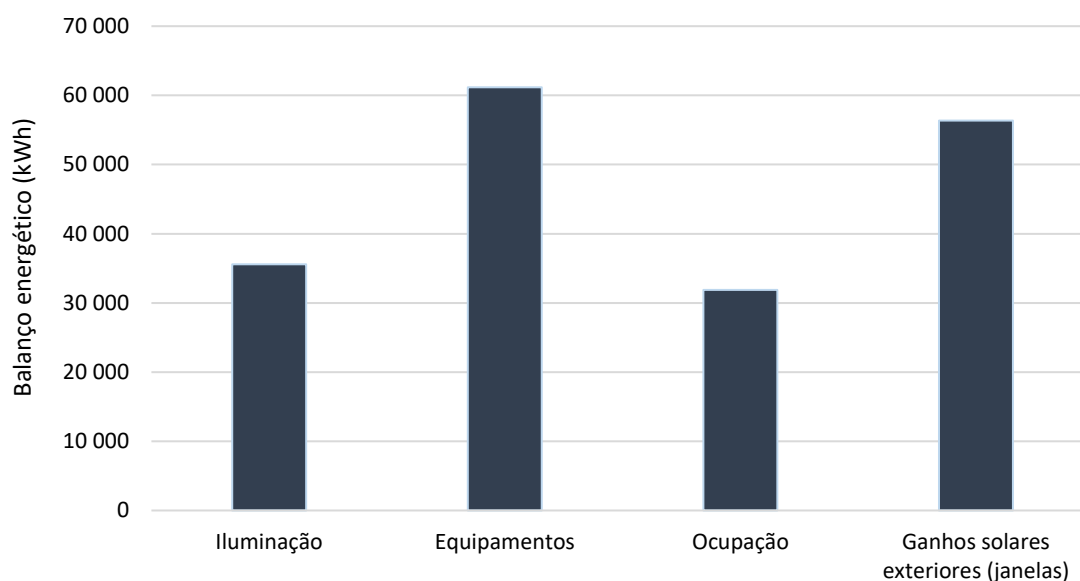


Figura 62 - Ganhos internos anuais do edifício previsto

Como se pode observar, os equipamentos representam a principal fonte de ganhos internos, com um contributo total anual de 61 167 kWh, o que reflete a elevada carga associada, não só ao funcionamento contínuo do servidor, mas também à significativa quantidade de equipamentos distribuídos por todo o edifício, como é expectável num centro de saúde.

Seguem-se os ganhos solares, com um valor total de 56 379 kWh/ano, que evidenciam o impacto significativo da radiação solar no comportamento térmico do edifício. Adicionalmente, destacam-se também os ganhos internos provenientes da iluminação, com um total anual de 35 565 kWh, e os

ganhos associados à ocupação, que atingem 31 879 kWh/ano. Estes resultados evidenciam o contributo relevante dos sistemas de iluminação e da presença de ocupantes no aumento da carga térmica interna do edifício.

Os valores obtidos revelam a importância dos ganhos internos como fator condicionante das necessidades energéticas do edifício, nomeadamente no aumento das cargas de arrefecimento, uma vez que estas fontes de calor contribuem para o sobreaquecimento dos espaços interiores, especialmente durante o período de verão, mas também noutras alturas do ano devido ao funcionamento contínuo de alguns equipamentos.

Neste contexto, torna-se evidente a necessidade de considerar estes ganhos na definição das estratégias de climatização e na avaliação de medidas de melhoria, como a gestão otimizada dos sistemas de iluminação e a eventual introdução de soluções de controlo solar para minimizar os ganhos solares excessivos.

5.2. BALANÇO ENERGÉTICO

A análise do balanço energético do edifício em estudo permitiu identificar os elementos construtivos que mais contribuem para as trocas térmicas com o exterior, com reflexão direta nas necessidades energéticas globais do edifício. A Figura 63 e 64, apresentam o balanço energético anual do edifício previsto, na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento, respetivamente, com as respetivas variações mensais por tipo de elemento construtivo, bem como a variação das infiltrações de ar pelo exterior.

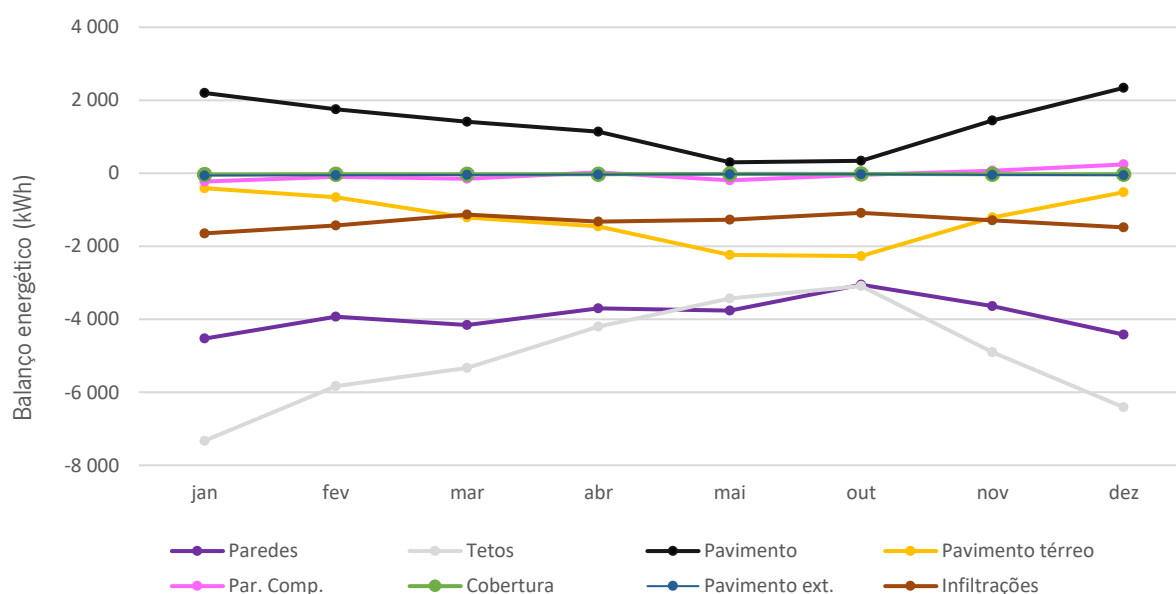


Figura 63 - Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de aquecimento

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

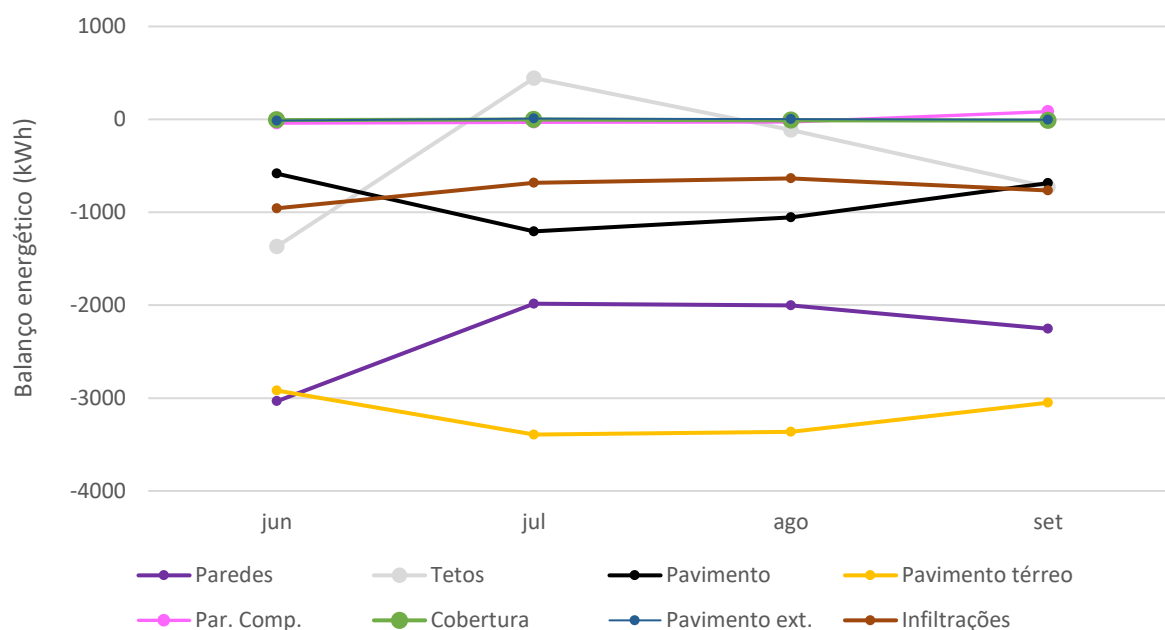


Figura 64 - Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de arrefecimento

Complementarmente, as Tabelas 33 - a) e 33 - b) apresentam estes valores numa base anual, com a discriminação dos contributos de cada tipologia de elemento da envolvente opaca, tornando perceptível o contributo individual de cada um.

Tabela 33 – a) Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, na estação de aquecimento. b) Balanço energético anual do edifício previsto, por elemento construtivo, contabilizando as infiltrações, na estação de arrefecimento

a)

Estação aquecimento (outubro - maio)	
Elementos	Balanço energético (kWh)
Paredes	-31 189,13
Tetos	-40 516,54
Pavimentos (Int.)	10 924,53
Pavimentos (Térreos)	-9 966,20
Paredes Compartimentação	-370,23
Cobertura	-201,42
Pavimentos (Ext.)	-340,90
Infiltrações	-10 668,29
Total	-82 328,18

b)

Estação arrefecimento (junho - setembro)	
Elementos	Balanço energético (kWh)
Paredes	-9 274,91
Tetos	-1 768,28
Pavimentos (Int.)	-3 530,50
Pavimentos (Térreos)	-12 725,36
Paredes Compartimentação	-18,44
Cobertura	-32,13
Pavimentos (Ext.)	-8,26
Infiltrações	-3 040,88
Total	-30 398,76

Durante a estação de aquecimento, a envolvente opaca apresenta perdas térmicas significativas, com destaque para os tetos, cujo contacto com espaços não úteis, como o desvão, potencia transferências de calor significativas. A par destes, as paredes exteriores demonstram igualmente um comportamento deficitário, causado pela fraca resistência térmica dos elementos de separação com o exterior e contribuindo de forma predominante para o agravamento das necessidades de aquecimento neste período.

No período de arrefecimento, embora os valores absolutos das trocas térmicas sejam inferiores, os mesmos elementos continuam a registar perdas para o exterior. Neste contexto, e tendo em conta as elevadas cargas térmicas internas do edifício, estas perdas podem até revelar-se favoráveis, contribuindo para a dissipação de calor acumulado. No entanto, esta vantagem não invalida o facto dos elementos construtivos analisados apresentarem um desempenho térmico fraco, sem capacidade para responder adequadamente às exigências sazonais.

Face a estes resultados, a colocação de isolamento térmico no teto que separa o 1º piso do desvão e nas paredes exteriores surge como uma possível medida de melhoria, com potencial para reduzir as perdas de calor durante o inverno, sem comprometer o comportamento térmico no verão. Complementarmente, a melhoria da estanquidade da envolvente, nomeadamente através da substituição ou reforço de caixilharias e respetivos vedantes, deverá ser considerada como uma intervenção eficaz para limitar trocas de ar indesejadas e contribuir para o reforço do desempenho energético global do edifício.

5.3. NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Através da análise das necessidades energéticas do edifício, foi possível determinar as cargas térmicas associadas aos sistemas de climatização durante um ano completo de simulação. Estes valores representam a energia necessária para manter as condições ideais de conforto térmico (set-points), refletindo tanto as características construtivas do edifício como as condições climáticas externas, excluindo neste momento a eficiência dos sistemas técnicos instalados (COP/EER).

Na parte superior da Figura 65, é apresentada a variação mensal da temperatura no interior e no exterior do edifício. Já na parte inferior, são exibidas as cargas térmicas de aquecimento (linha vermelha) e arrefecimento (linha azul) necessárias para garantir as condições de conforto térmico no interior do edifício.

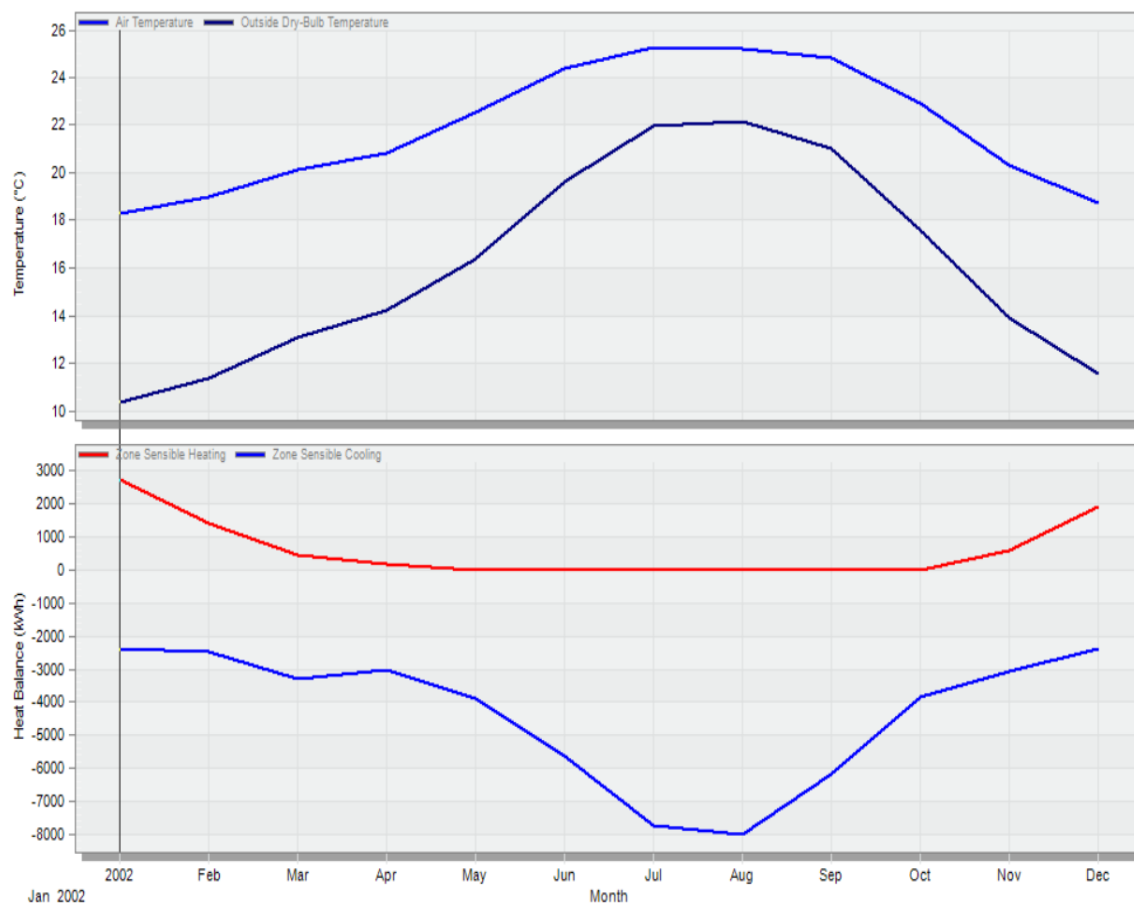


Figura 65 – *Printscreen do DesignBuilder com detalhe na variação mensal da temperatura exterior de bulbo seco e da temperatura no interior do edifício (parte superior), e das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento (parte inferior) necessárias para garantir as condições de conforto ao longo do ano*

Da observação da figura, consegue-se perceber como o ambiente interno reage às mudanças sazonais externas. Durante o inverno, observa-se que a temperatura no interior permanece consistentemente acima da exterior, graças aos sistemas de aquecimento que trabalham para o *setpoint* de temperatura de 20°C. Já no verão, com o aumento da temperatura exterior, verifica-se o aumento das necessidades de arrefecimento, de maneira a atingir o *setpoint* de temperatura de 25°C, definido para esta estação.

É importante destacar que existem necessidades constantes de arrefecimento ao longo de todo o ano, mesmo durante o inverno. Isto acontece principalmente devido à sala dos servidores, onde os equipamentos exigem refrigeração contínua para combater a elevada carga térmica gerada, mas também graças aos ganhos térmicos internos provenientes da ocupação, iluminação e de outros equipamentos em funcionamento constante.

Assim, os gráficos apresentados permitem compreender como as exigências energéticas do edifício variam consoante as estações do ano, com destaque para o papel decisivo das condições exteriores e dos sistemas de climatização responsáveis por assegurar as condições de conforto térmico.

5.4. CONSUMOS ENERGÉTICOS

A Figura 66 e a Tabela 34 apresentam a distribuição anual dos consumos energéticos do edifício, discriminando os principais sistemas consumidores e respetivos valores em kWh.

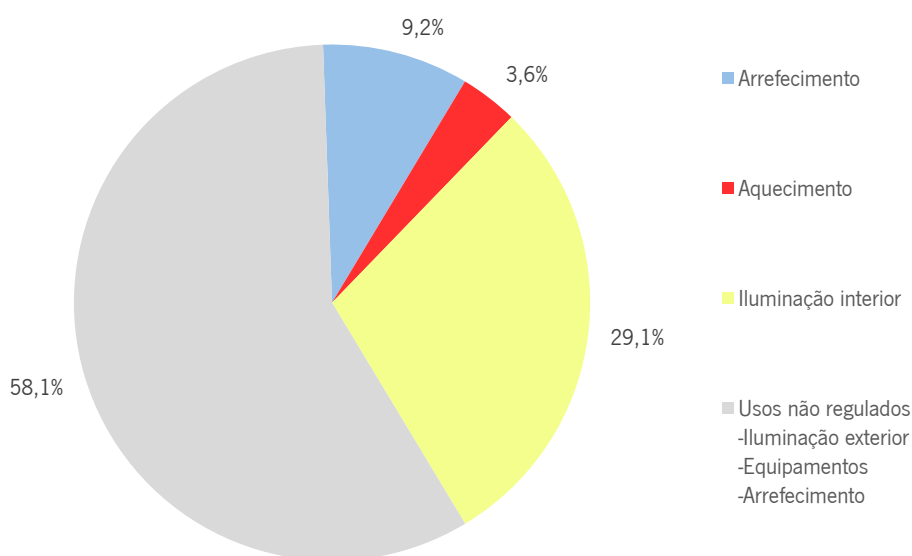


Figura 66 - Distribuição percentual dos consumos energéticos anuais por sistema consumidor do edifício previsto

Tabela 34 - Consumos energéticos anuais (kWh/ano) por sistema consumidor do edifício previsto

Sistema consumidor		kWh/ano
Arrefecimento		11225
Aquecimento		4429
Iluminação interior		35663
Usos não regulados	Equipamentos	61167
	Iluminação exterior	5304
	Arrefecimento	4608
Total		122396

De acordo com os resultados obtidos, o consumo total anual de energia do edifício é de 122 396 kWh. A maior parcela deste consumo está associada aos usos não regulados, que incluem os equipamentos, a iluminação exterior e o split técnico, representando 58,1% do total. Este valor reflete a

forte presença de equipamentos no edifício, cujo funcionamento contínuo, nomeadamente na sala do servidor, contribui para um consumo energético elevado. A iluminação interior constitui o segundo maior consumidor de energia, com 29,1% do total, o que evidencia o impacto significativo deste sistema no balanço energético do edifício, especialmente tendo em conta as longas horas de funcionamento e as potências instaladas. Por sua vez, os sistemas de climatização apresentam consumos mais reduzidos, com o arrefecimento a representar 9,2% e o aquecimento apenas 3,6% do consumo total anual. Este reduzido valor de aquecimento está em concordância com o identificado no subcapítulo anterior, onde foi evidenciado o efeito das cargas internas e solares na compensação das perdas térmicas, reduzindo a necessidade de aquecimento ativo. Por outro lado, o arrefecimento, apesar de representar uma parcela menor comparativamente aos usos não regulados e à iluminação, mantém-se relevante, refletindo a necessidade de controlar os ganhos internos elevados e garantir o conforto térmico.

5.5. CONSUMOS ENERGÉTICOS DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

A avaliação dos consumos energéticos do edifício de referência permite estabelecer uma base de comparação essencial para a análise do desempenho do edifício em estudo. A Tabela 35 apresenta a distribuição dos consumos anuais de energia elétrica por sistema consumidor, obtidos a partir da simulação do edifício de referência no *DesignBuilder*.

Tabela 35 - Consumos energéticos anuais (kWh/ano) por sistema consumidor do edifício de referência

Sistema consumidor		kWh/ano
Arrefecimento		8011
Aquecimento		3091
Iluminação interior		23275
Usos não regulados	Equipamentos	61167
	Iluminação exterior	5304
	Arrefecimento	4608
Total		105456

O consumo total anual apurado para o edifício de referência é de 105 456 kWh, valor inferior ao verificado no edifício previsto. Esta diferença resulta da aplicação das condições regulamentares definidas no subcapítulo 4.5, que conduzem a um desempenho energético mais eficiente.

Observa-se a redução dos consumos associados ao aquecimento e arrefecimento, justificada pela melhoria global do desempenho energético do edifício de referência, nomeadamente ao nível da envolvente e dos sistemas técnicos, conduzindo a menores necessidades de climatização para garantir

o conforto térmico interior. Adicionalmente, verifica-se também a diminuição do consumo de iluminação interior, consequência dos menores valores de potência considerados para este sistema, em conformidade com os limites regulamentares. Por outro lado, os consumos não regulados (equipamentos, iluminação exterior e arrefecimento da sala de servidores) permanecem idênticos nos dois edifícios, uma vez que não são influenciados pelas condições de referência.

5.6. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

5.6.1. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO

O Indicador de Eficiência Energética previsto (IEE_{pr}) quantifica os consumos anuais de energia primária por unidade de área, permitindo avaliar o desempenho energético do edifício previsto. Este indicador considera as características da envolvente, os sistemas técnicos instalados e os perfis de utilização adotados, sendo calculado de acordo com a Equação (14).

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad (14)$$

Em que:

IEE_{pr} – Indicador de eficiência energética previsto [kWhEP/(m².ano)];

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

$IEE_{pr,T}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo T [kWhEP/(m².ano)];

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

Para isto, foi feita a diferenciação entre consumos regulados (Tipo S) e não regulados (Tipo T) de acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Os consumos do tipo S referem-se aos sistemas essenciais para garantir as condições de conforto e funcionamento do edifício, como climatização, ventilação e iluminação interior, enquanto os consumos do tipo T englobam usos complementares, como equipamentos de refrigeração, iluminação exterior e outros sistemas auxiliares (Tabela 36).

Tabela 36 - Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T

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

Para efeitos de determinação da classe energética do edifício, apenas os consumos do tipo S são contabilizados, sendo os consumos do tipo T desconsiderados neste cálculo.

A conversão dos consumos energéticos para energia primária é realizada aplicando o fator de conversão da eletricidade, igual a 2,5, de acordo com a Tabela 106 do Manual SCE [45]. Desta forma, o cálculo dos indicadores de eficiência energética previstos para os consumos do tipo S e do tipo T é efetuado através das Equações (15) e (16), respetivamente.

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (15)$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (16)$$

Em que:

$E_{S,i}$ – Consumo de energia dos usos do tipo S, por fonte de energia i [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia i [kWhEP/kWh].

$E_{T,i}$ - Consumo de energia dos usos do tipo T, por fonte de energia i [kWh/ano];

Além dos consumos energéticos associados aos usos regulados e não regulados, é também contabilizada a energia produzida a partir de fontes renováveis para autoconsumo nos usos regulados do edifício. Esta parcela contribui para a redução da energia primária necessária ao funcionamento do edifício e é integrada na determinação do Indicador de Eficiência Energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$). O cálculo do $IEE_{pr,ren}$ segue a Equação (17).

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (17)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i , obtida de acordo com a subsecção 16.1.5 com as devidas adaptações [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável i [kWhEP/kWh].

Embora o edifício em análise não possua sistemas de produção de energia renovável, a regulamentação definida no Anexo VII da Diretiva 2009/28/CE prevê a contabilização do contributo aerotérmico ou geotérmico associado aos sistemas de climatização, desde que apresentem um COP/EER superior a 2,5. Nestes casos, parte da energia utilizada pode ser considerada como proveniente de fontes renováveis, uma vez que as bombas de calor aproveitam a energia térmica presente no ar exterior para aquecimento ou arrefecimento dos espaços. Esta fração de energia renovável pode ser determinada pela Equação (18).

$$E_{ren,i} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SFP}\right) \quad (18)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício [kWh/ano];

Q_{usable} – Energia útil para o uso de aquecimento, arrefecimento ou preparação de AQ suprida por bombas de calor [kWh/ano];

SFP – Fator médio de desempenho sazonal estimado

No entanto, dado que os sistemas existentes no edifício (splits) possuem um COP/EER de 2,25, esta fração de energia renovável não foi considerada, sendo a eletricidade a única fonte de energia. Na Tabela 37, estão detalhados os valores de energia primária calculados para cada sistema consumidor, resultantes da simulação do edifício previsto.

Tabela 37 - Consumos de energia primária do edifício previsto

Sistema consumidor	Fonte de energia [kWhEP/ano]	
	Eletricidade <i>F_{pu} = 2,5</i>	
	Tipo S	Tipo T
Aquecimento	11072	0
Arrefecimento	28062	11521
Iluminação	89157	13259
Equipamentos	0	152918
Total	128291	177698

A partir dos valores apresentados e considerando uma área total do edifício de 1571,9 m², foram determinados os indicadores de eficiência energética para os consumos regulados, não regulados e renováveis, de acordo com as Equações (15), (16) e (17), respetivamente. Com base nestes, e conforme a Equação (14), obteve-se o indicador global de eficiência energética do edifício previsto:

$$IEE_{pr,S} = \frac{128291}{1571,9} = 81,62 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{177698}{1571,9} = 113,05 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

$$IEE_{pr} = 194,66 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

5.6.2. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE REFERÊNCIA

Para permitir a avaliação do desempenho energético do edifício previsto, é necessário estabelecer um valor de referência que sirva como base comparativa. O Indicador de Eficiência Energética de referência (IEE_{ref}) representa o consumo de energia primária anual por unidade de área do edifício de referência, tendo em conta as alterações apresentadas no subcapítulo 4.5. Tal como o IEE_{pr}, o IEE_{ref} é desagregado em consumos do tipo S e do tipo T, sem a contabilização da componente renovável, sendo determinado através da Equação (19).

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad (19)$$

Em que:

IEE_{ref} – Indicador de eficiência energética de referência [kWhEP/(.ano)];

$IEE_{ref,S}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [kWhEP/(m².ano)];

$IEE_{ref,T}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo T [kWhEP/(m².ano)].

Na Tabela 38, são apresentados os resultados obtidos da simulação do edifício de referência convertidos em energia primária.

Tabela 38 - Consumos de energia primária do edifício de referência

Sistema consumidor	Fonte de energia [kWhEP/ano]	
	Eletricidade <i>F_{pu} = 2,5</i>	
	Tipo S	Tipo T
Aquecimento	7728	0
Arrefecimento	20026	11521
Iluminação	58188	13259
Equipamentos	0	152918
Total	85942	177698

Com base nos consumos energéticos apresentados e na área total do edifício, foram determinados os indicadores de eficiência energética do edifício de referência. O método de cálculo dos consumos Tipo S e Tipo T é semelhante ao aplicado no edifício previsto, sendo os valores obtidos diretamente para cada sistema consumidor. A partir destes valores, determinou-se o indicador global de eficiência energética do edifício de referência (IEE_{ref}), apresentado abaixo:

$$IEE_{ref,S} = \frac{85942}{1571,9} = 54,67 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

$$IEE_{ref,T} = \frac{177698}{1571,9} = 113,05 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

$$IEE_{ref} = 167,72 \text{ [kWhEP/(m}^2\text{.ano)]}$$

5.6.3. CLASSE ENERGÉTICA

A determinação da classe energética do edifício constitui a etapa final do processo de avaliação do seu desempenho energético, comparando os seus consumos com os de um edifício de referência. Para isso, é calculado o rácio de eficiência energética (RIEE), que expressa a relação entre o indicador de eficiência energética previsto para usos regulados, considerando o contributo das fontes renováveis, e o indicador de eficiência energética de referência para os mesmos usos. A classe energética é então atribuída com base neste rácio, de acordo com a Equação (20).

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (20)$$

Na Tabela 39, apresentam-se os intervalos de RIEE e a respetiva correspondência com a classe energética atribuída aos edifícios de comércio e serviços.

Tabela 39 - Intervalos de valor de RIEE para edifícios de comércio e serviços

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

Tendo por base os valores obtidos para o $IEE_{pr,S}$ e o $IEE_{ref,S}$ foi possível determinar o RIEE, aplicando a Equação (20). O resultado deste cálculo é apresentado abaixo.

$$R_{IEE} = \frac{81,62-0}{54,67} = 1,49$$

Do cálculo resultou um RIEE igual a 1,49, enquadrando o edifício na classe energética C, de acordo com os intervalos apresentados anteriormente. Por se tratar-se de um edifício existente, não existe um requisito legal mínimo de classe energética aplicável, conforme estabelecido no Decreto-Lei n.º 101-

D/2020, no entanto este resultado encontra-se ainda distante da classe energética A, requerida para o nível nZEB, estabelecido como objetivo no âmbito deste trabalho. Assim, no capítulo seguinte serão exploradas medidas de melhoria com o objetivo de aproximar este valor à meta de desempenho energético pretendida.

6. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Dando seguimento à necessidade de aproximar o desempenho energético do edifício aos requisitos definidos para edifícios nZEB, este capítulo apresenta um conjunto de medidas de melhoria (MM) com potencial para reduzir significativamente os consumos energéticos associados aos usos regulados e melhorar a classe energética obtida. As propostas resultam da análise dos elementos e sistemas com maior contributo negativo no desempenho global do edifício, identificados no capítulo anterior. Foram assim estudadas as seguintes medidas de melhoria:

- MM1 - Isolamento Térmico Exterior das Fachadas com Sistema ETICS;
- MM2 - Isolamento da Cobertura Interior com Lã de Rocha: Separação Térmica do Desvão;
- MM3 - Otimização dos Sistemas de Iluminação;
- MM4 - Integração de Sistema Fotovoltaico;
- MM5 - Substituição dos Vidros e das Caixilharias Existentes;
- MM6 - Implementação de Sistema do Tipo VRV.

Cada medida foi analisada individualmente, através de uma nova simulação energética no *DesignBuilder*. Complementarmente, foi feita a análise económica, com a determinação do período de retorno simples associado a cada intervenção.

6.1. MM1 – ISOLAMENTO TÉRMICO EXTERIOR DAS FACHADAS COM SISTEMA ETICS

Tendo em consideração os resultados obtidos no balanço energético do edifício, apresentados no subcapítulo 5.2, verificou-se que as paredes exteriores representam o segundo elemento da envolvente opaca com maior contributo negativo no desempenho térmico do edifício.

Neste sentido, a medida de melhoria 1 (MM1) consiste na aplicação de isolamento térmico pelo exterior das paredes exteriores, através de um sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*) com isolamento em EPS (poliestireno expandido moldado). Esta solução visa o reforço da resistência térmica das fachadas, de forma a reduzir as perdas térmicas por transmissão através destes elementos. Desta medida foram excluídas as paredes exteriores dos espaços não úteis. A Tabela 40 apresenta a descrição da solução construtiva proposta para a parede exterior, agora denominada PE1_ISEXT, com uma área total de 737 m². A solução inclui a aplicação de uma camada de EPS com 0,04 m de espessura, resultando numa resistência térmica total de 2,153 (m².°C)/W e num coeficiente

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

de transmissão térmica (U) de $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, valor inferior ao limite máximo regulamentar de $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, conforme estabelecido na Portaria n.º 138-I/2021 [10] .

Tabela 40 - Descrição construtiva da parede exterior, PE1_ISEXT

Descrição da solução construtiva	Δx [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m·°C)]	Resistência térmica [(m ² ·°C)/W]
R _{Si}			-	0,13
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,35	750	0,4015	0,872
EPS	0,04	>20	0,036	1,111
R _{Se}			-	0,04
Resistência térmica total, R _t [(m ² ·°C)/W]				2,153
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m²·°C)]				0,46

De igual modo, a Tabela 41 apresenta a solução construtiva adotada para a parede exterior PE2_ISEXT, com uma área de $8,9 \text{ m}^2$, na qual foi aplicada a mesma espessura de isolamento em EPS. Esta solução apresenta uma resistência térmica total de $1,536 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$, correspondendo a um coeficiente de transmissão térmica (U) de $0,64 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, também em conformidade com o valor limite definido pela regulamentação em vigor [66].

Tabela 41 - Descrição construtiva da parede exterior, PE2_ISEXT

Descrição da solução construtiva	Δx [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m·°C)]	Resistência térmica [(m ² ·°C)/W]
R _{Si}			-	0,13
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0,15	1000	0,5272	0,285
EPS	0,04	>20	0,036	1,111
R _{Se}			-	0,04
Resistência térmica total, R _t [(m ² ·°C)/W]				1,566
Coefficiente de transmissão térmica, U [W/(m²·°C)]				0,64

Após a caracterização da Medida de Melhoria 1 (MM1) e das soluções construtivas implementadas, foi avaliado o impacto desta intervenção no desempenho energético do edifício. A Tabela 42 apresenta a comparação dos consumos energéticos anuais por sistema consumidor, antes e após a aplicação da MM1.

Tabela 42 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 1 (MM1), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor.

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Consumo com MM1 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	12136	+8,1
Aquecimento		4428,8	2932	-33,8
Iluminação interior		35663	35662,8	-
Usos não regulados	Equipamentos	61167,2	61167,2	-
	Iluminação exterior	5303,6	5303,6	-
	Arrefecimento	4608,4	4668,4	+1,3
Total		122396	121870	-0,4

Como se verifica, a principal redução ocorre ao nível do sistema de aquecimento, com uma diminuição de 33,8%, o que está diretamente associado à melhoria do desempenho térmico das paredes exteriores. A menor perda de calor para o exterior contribui assim para a redução das necessidades de aquecimento, resultando num menor esforço dos sistemas técnicos na manutenção das condições de conforto térmico interior. Por outro lado, observa-se um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento, que se justifica pela maior eficiência da envolvente em reter o calor durante o verão, o que, aliado às elevadas cargas internas do edifício, gera uma maior necessidade de arrefecer. No geral, o impacto global da medida é muito insignificativo, com uma ligeira redução do consumo total de energia de 0,4%.

Relativamente aos indicadores de eficiência energética, verifica-se uma ligeira melhoria do IEEpr,S, refletindo o contributo positivo da intervenção na redução das necessidades energéticas associadas aos usos regulados. No entanto, esta variação não se traduz em alterações significativas no RIEE, que se mantém praticamente inalterado, não resultando, por isso, em melhoria da classe energética, que permanece na classe C. A Tabela 43 apresenta a comparação dos indicadores de eficiência energética e da classe energética do edifício antes e após a aplicação da MM1.

Tabela 43 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção.

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
IEE _{pr,S}	81,62	80,68
IEE _{pr,ren}	0	0
IEE _{ref,S}	54,67	54,67
RIEE	1,49	1,48
Classe energética	C	C

Para concluir foi feita a análise económica da medida, apresentada na Tabela 44, que mostra um investimento total de 29 854 €, correspondente à aplicação de isolamento térmico EPS em 746,36 m² de fachada. A poupança anual estimada é de 74 €, refletindo uma redução de consumo energético de 525,2 kWh/ano. Este cenário traduz-se num período de retorno de 406 anos, consequência direta da já limitada contribuição do sistema de aquecimento para o consumo global do edifício. Os valores apresentados tiveram por base o preço médio de aplicação deste tipo de isolamento por metro quadrado em Portugal e o custo da energia elétrica (€/kWh), apurado a partir das faturas energéticas anuais do centro de saúde.

Tabela 44 - Análise económica da MM1

Investimento - MM1	
Isolamento térmico EPS (€/m ²)	40
Área intervencionada (m ²)	746,36
Investimento total (€)	29854
Redução de consumo (kWh/ano)	525,2
Energia (€/kWh)	0,14
Poupança anual (€)	74
Período de retorno (anos)	406

6.2. MM2 – ISOLAMENTO DA COBERTURA INTERIOR COM LÃ DE ROCHA: SEPARAÇÃO TÉRMICA DO DESVÃO

Na sequência das intervenções propostas para a envolvente opaca do edifício, e tendo em consideração os resultados do balanço energético apresentados no subcapítulo 5.2, a Medida de Melhoria 2 (MM2) incide sobre a cobertura interior que separa o 1º piso do desvão. Este elemento foi

identificado como o principal responsável pelas perdas de energia do edifício. A elevada vulnerabilidade deste elemento justifica, por isso, a implementação de uma solução de reforço térmico.

A MM2 contempla a aplicação de isolamento térmico em lã de rocha, com o objetivo de aumentar a resistência térmica da cobertura e, assim, minimizar as transferências de calor para o exterior. A Figura 67 ilustra a área da cobertura abrangida pela intervenção.

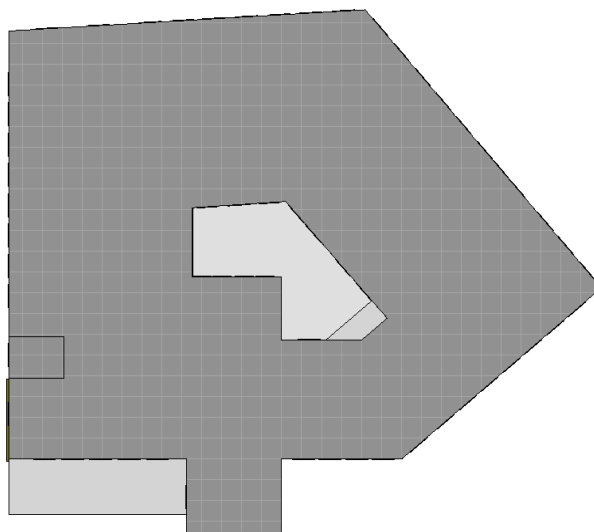


Figura 67 - Representação da cobertura interior onde é proposta a aplicação do isolamento térmico em lã de rocha

A solução construtiva final, detalhada na Tabela 45, integra uma camada adicional de lã de rocha com 0,08 m de espessura, aplicada sobre a estrutura existente, pelo lado superior da cobertura, na zona do desvão. Esta solução permite alcançar uma resistência térmica total de 2,607 (m².°C)/W, resultando num coeficiente de transmissão térmica (U) de 0,38 W/(m².°C). Este valor está em conformidade com o limite máximo regulamentar de 0,5 W/(m².°C), definido na Portaria n.º 138-I/2021 [66].

Tabela 45 - Descrição construtiva das coberturas interiores, COBINT2_ISEXT e COBINT1B_ISEXT

Descrição da solução construtiva	Δx [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m.°C)]	Resistência térmica [(m ² .°C)/W]
R _{Si}			-	0,10
Cobertura pesada horizontal	0,2	2000	0,8176	0,245
Lã de rocha	0,08	>20	0,037	2,162
R _{Se}			-	0,10
Resistência térmica total, R _t [(m ² .°C)/W]				2,607
Coeficiente de transmissão térmica, U [W/(m².°C)]				0,38

De forma geral, a medida permitiu uma ligeira redução do consumo total de energia primária (aproximadamente 0,7%), conforme apresentado na Tabela 46.

Tabela 46 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 2 (MM2), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Consumo com MM2 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	12777	+12,1
Aquecimento		4428,8	2059	-53,5
Iluminação interior		35663	35663	-
Usos não regulados	Equipamentos	61167,2	61167	-
	Iluminação exterior	5303,6	5304	-
	Arrefecimento	4608,4	4627	+0,4
Total		122396	121596	-0,7

Considerando a intervenção efetuada ao nível da cobertura interior, e a sua relevância no balanço energético do edifício, a aplicação da MM2 refletiu-se de forma significativa na redução das necessidades de aquecimento, com um decréscimo superior a 50% face à situação inicial. Este resultado evidencia o efeito do reforço da resistência térmica deste elemento construtivo, contribuindo para limitar as perdas de calor para o exterior, anteriormente identificadas como a principal fonte de dissipação energética do edifício. Em contrapartida, verificou-se um aumento do consumo associado ao sistema de arrefecimento, consequência da maior inércia térmica introduzida pela medida, que reduz as perdas de calor durante o inverno, mas dificulta a dissipação de calor em períodos de verão. Esta tendência, já observada na aplicação da MM1, confirma o impacto das soluções de isolamento na alteração do equilíbrio térmico do edifício, sobretudo num contexto de elevadas cargas internas permanentes.

Por sua vez, a melhoria do desempenho térmico da cobertura refletiu-se no IEE_{pr,S}, que sofreu uma ligeira redução. Apesar dessa melhoria, o RIEE manteve-se praticamente inalterado, não se verificando alterações na classe energética do edifício, conforme indicado na Tabela 47.

Tabela 47 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
IEE _{pr,S}	81,62	80,31
IEE _{pr,ren}	0	0
IEE _{ref,S}	54,67	54,67
RIEE	1,49	1,47
Classe energética	C	C

No que respeita à viabilidade económica da intervenção, a aplicação da MM2 implica um investimento de 27 772 €, abrangendo uma área total de 694 m². A redução de consumo energético anual é de 800,03 kWh, equivalente a uma poupança de 112 € por ano. Este cenário corresponde a um período de retorno de 248 anos, o que evidencia uma recuperação do investimento bastante prolongada, resultado da diminuição pouco significativa do consumo energético. Estes valores podem ser observados na Tabela 48.

Tabela 48 - Análise económica da MM2

Investimento - MM2	
Isolamento térmico Lã de Rocha (€/m ²)	40
Área intervencionada (m ²)	694
Investimento total (€)	27772
Redução de consumo (kWh/ano)	800,03
Energia (€/kWh)	0,14
Poupança anual (€)	112
Período de retorno (anos)	248

6.3. MM3 - OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Dando continuidade à implementação de medidas de melhoria energética no edifício em estudo, a Medida de Melhoria 3 (MM3) tem como objetivo a otimização do sistema de iluminação interior, promovendo uma redução do consumo energético associado à iluminação artificial, que representa 29,1% do consumo total anual. Esta intervenção surge na sequência da análise dos consumos energéticos do edifício (subcapítulo 5.4), onde se identificou o impacto significativo da iluminação no

balanço energético global, especialmente devido às longas horas de funcionamento e às potências instaladas.

Para a seleção das soluções a implementar, foi utilizado um estudo luminotécnico pré-existente, realizado no *software* DIALux, apresentado no Anexo 11. Este estudo avaliou as necessidades de iluminação dos diferentes compartimentos do edifício, garantindo a conformidade com os requisitos normativos em vigor e proporcionando um equilíbrio entre eficiência energética e qualidade da iluminação. A Tabela 49 apresenta o conjunto de 13 soluções propostas no estudo luminotécnico, com as marcas *BLINK PRO* e *FILLDAY* selecionadas para as luminárias a adotar.

Tabela 49 - Soluções de iluminação propostas na MM3

Descrição	Tecnologia	Fabricante - Modelo	Potência luminária [W]	Unidades	Potência total [W]
S1	LED	BLINK PRO - Galaxy 600mm 2 x 6W	12	1	12
S2	LED	BLINK PRO - Galaxy 1200mm 2 x 22W	44,0	90	3960
S3	LED	BLINK PRO - Galaxy 1200mm 2 x 15W	30,0	48	1440
S4	LED	BLINK PRO - Galaxy 1200mm 2 x 10W	20	5	100
S5	LED	BLINK PRO - Galaxy 1500mm 2 x 24W	48	2	96
S6	LED	BLINK PRO - Galaxy 1500mm 2 x 18,3W	36,6	7	256,2
S7	LED	BLINK PRO - Galaxy Backlite 1200 x 300 4000K	36,2	6	217,2
S8	LED	BLINK PRO - Galaxy Backlite 1200 x 300 4000K	30,0	34	1020
S9	LED	BLINK PRO - Galaxy Backlite 1200 x 300 4000K	20	9	180
S10	LED	BLINK PRO - Galaxy Backlite 1200 x 300 4000K	16	19	304
S11	LED	BLINK PRO - L8 - Park Slim 2 x T8 22W 1200mm	44,0	2	88
S12	LED	BLINK PRO - L8 - Park Slim 2 x T8 9W 1200mm	18	2	36
S13	LED	FILLDAY - Resist A60 Standard E27 6W 800lm	6,0	12	72
Total			360,8	237	7781,4

No entanto, face a alterações no tipo de atividades de alguns espaços, tornou-se necessário atualizar a análise dos requisitos de iluminância e da densidade de potência de iluminação por 100 lux (DPI_{100lx}), conforme descrito no Anexo 12. Para os espaços que verificaram o cumprimento dos requisitos, foi adotada a potência de iluminação proposta no estudo, enquanto que para os espaços em

incumprimento, optou-se pela consideração da potência máxima admissível, calculada segundo a metodologia utilizada para o edifício de referência, através da Equação (13).

Assim, a potência total instalada na simulação resultou do somatório das potências definidas para cada espaço, com um total de 9793,43 W, valor superior ao inicialmente previsto no estudo luminotécnico, que correspondia a 7781,4 W. A Tabela 50 compara os consumos anuais do edifício antes e após a implementação da MM3.

Tabela 50 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 3 (MM3), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Consumo com MM3 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	9889	-11,9
Aquecimento		4428,8	5182	+14,5
Iluminação interior		35663	20905	-41,4
Usos não regulados	Equipamentos	61167	61167	-
	Iluminação exterior	5303,6	5303,6	-
	Arrefecimento	4608,4	4592	-0,4
Total		122396	107039	-12,5

Os resultados obtidos mostram que o consumo total anual reduziu em 12,5%, passando de 122 396 kWh/ano para 107 039 kWh/ano. Como expectável, a diminuição mais significativa ocorreu na iluminação interior, com uma redução de 41,4%, refletindo diretamente a substituição dos equipamentos existentes por luminárias mais eficientes.

Em relação aos sistemas de climatização, verifica-se uma redução no consumo de arrefecimento, mas, por outro lado, um aumento no consumo de aquecimento. Este contraste, deve-se às alterações nas cargas térmicas internas associadas aos novos sistemas de iluminação. A substituição por tecnologias LED reduziu significativamente o calor libertado no interior dos espaços, o que se traduz numa menor carga térmica no verão e, conseqüentemente, em menores necessidades de arrefecimento. No entanto, essa redução de calor interno tem o efeito inverso no inverno, levando a maiores necessidades de aquecimento para compensar a ausência do ganho térmico anteriormente proporcionado pela iluminação existente. Estes resultados demonstram a importância de considerar os efeitos cruzados entre os sistemas ao implementar medidas de eficiência energética. A otimização do sistema de iluminação, embora reduza o consumo direto de eletricidade, também influencia o desempenho térmico do edifício, com impactos distintos consoante a estação do ano.

A otimização do sistema de iluminação refletiu-se também nos indicadores de eficiência energética do edifício. Verificou-se uma redução significativa no IEE_{pr,S}, consequentemente, o RIEE passou de 1,49 para 1,05, aproximando-se da classe B- ($0,75 < \text{RIEE} \leq 1,00$). Apesar desta melhoria não ter sido suficiente para alterar a classe energética do edifício, a redução do RIEE representa um avanço considerável no desempenho energético do edifício. A Tabela 51 apresenta a comparação dos indicadores de eficiência energética e da classe energética do edifício antes e após a aplicação da MM3

Tabela 51 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
IEE _{pr,S}	81,62	57,22
IEE _{pr,ren}	0	0
IEE _{ref,S}	54,67	54,67
RIEE	1,49	1,05
Classe energética	C	C

Tendo em conta a inexistência de preços exatos de mercado para as luminárias LED consideradas na medida de melhoria, optou-se por estimar o investimento com base num custo médio por *Watt* instalado. Considerando as características dos equipamentos propostos, maioritariamente painéis LED, foi adotado um valor de referência de 3 €/W instalado. Com uma potência total instalada de 9793,43 W, o investimento estimado para a substituição integral do sistema de iluminação é de aproximadamente 29 380,29€. A Tabela 52 apresenta o resumo da análise económica da medida, incluindo a previsão de redução do consumo energético, a poupança anual estimada e o respetivo período de retorno simples do investimento.

Tabela 52 - Análise económica da MM3

Investimento - MM3	
Potência de iluminação (€/W)	3
Potência instalada (W)	9793,43
Investimento total (€)	29380,29
Redução de consumo (kWh/ano)	15356,90
Energia (€/kWh)	0,14
Poupança anual (€)	2150
Período de retorno (anos)	13,5

6.4. MM4 - INTEGRAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

A Medida de Melhoria 4 (MM4) consiste na integração de um sistema fotovoltaico para autoconsumo, promovendo a produção local de eletricidade a partir da radiação solar incidente. O sistema baseia-se na conversão da energia solar em energia elétrica, sob a forma de corrente contínua (CC), através de módulos instalados na cobertura do edifício. A energia gerada é, de seguida, encaminhada para um inversor, que a converte em corrente alternada, tornando-a compatível com os consumos da instalação elétrica. A eletricidade produzida é utilizada de forma instantânea pelos sistemas e equipamentos do edifício, reduzindo o consumo de energia proveniente da rede e, consequentemente, os impactos ambientais associados.

O módulo fotovoltaico selecionado encontra-se descrito na Tabela 53, onde constam as principais características técnicas retiradas da ficha técnica do equipamento (Anexo 13). Trata-se de painéis monocristalinos da marca Trina Solar, com potência nominal de 495 W.

Tabela 53 - Características técnicas do módulo fotovoltaico

Marca	Trina Solar
Modelo	TSM-DEG18MC.20(II)
Dimensões	2187 x 1102 x 35 mm
Peso	30,1 kg
Número de células	150
Material	Silício
Estrutura	Monocristalino
Potência máxima (Wp)	495 W
Tensão máxima (Vmpp)	43,1 V
Corrente máxima (Impp)	11,49 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	51,3 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	12,09 A
Coefficiente de temperatura da potência máxima (δP_{max})	- 0,35 %/K
Coefficiente de temperatura da tensão em circuito aberto (δV_{oc})	- 0,25 %/K
Coefficiente de temperatura da corrente de curto-circuito (δI_{sc})	- 0,04 %/K

Considerando a geometria da cobertura do edifício, optou-se pela instalação dos módulos em duas orientações distintas: (1) azimuth de 19° com inclinação de 25° e (2) azimuth de -38° com inclinação de 25°, conforme ilustrado na Figura 68. A definição destas orientações teve por base a adaptação às superfícies disponíveis, assegurando a distribuição homogênea dos painéis.

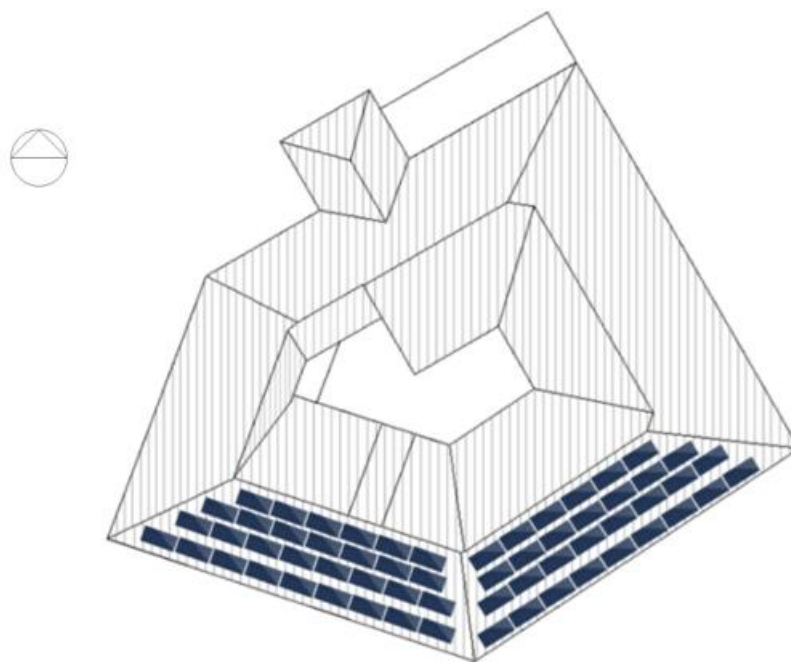


Figura 68 - Distribuição dos módulos fotovoltaicos pela cobertura do edifício

De forma a evitar o sobredimensionamento da instalação e garantir uma produção ajustada ao perfil de consumo do edifício, foi feita a média anual das necessidades energéticas do edifício durante o seu horário de funcionamento (dias úteis, entre as 8h e as 20h), que resultou num valor aproximado de 30 kW. Com base nesta potência de referência e considerando a potência nominal de cada módulo (495W), foi estimada a instalação de 61 painéis. No entanto, para simplificar o processo de dimensionamento e garantir uma distribuição equilibrada entre as duas orientações, consideraram-se 60 módulos, organizados em quatro *strings* e distribuídos equitativamente. A área total necessária para a instalação correspondeu a 145 m².

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado através da folha de cálculo SCE.ER, uma ferramenta disponibilizada pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE), para avaliação da integração de energia renovável em edifícios. Para estimar a quantidade de energia que realmente entra no edifício, uma vez que, nem toda a energia que é produzida é aproveitada, foram inseridas no SCE.ER as necessidades energéticas do centro de saúde hora a hora para uma semana e um fim de semana tipo. O procedimento de dimensionamento encontra-se detalhado no Anexo 14, onde se apresenta o processo seguido, bem como os pressupostos e considerações adotadas.

A Tabela 54 apresenta a energia elétrica aproveitada em regime de autoconsumo para cada orientação dos painéis fotovoltaicos, considerando os valores mensais de produção extraídos dos relatórios gerados pela folha de cálculo SCE.ER (Anexo 15). O total anual estimado para autoconsumo é

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

de 38 130,85 kWh, resultante da soma das produções simuladas para os dois subconjuntos de 30 módulos.

Tabela 54 - Energia para autoconsumo proveniente dos painéis solares

Mês	A -35° ; I 25°	A 19° ; I 25°
	Energia para autoconsumo [kWh]	Energia para autoconsumo [kWh]
Janeiro	1038	1101
Fevereiro	1086	1136
Março	1686	1745
Abril	1809	1854
Maio	2068	2085
Junho	2018	2023
Julho	2199	2208
Agosto	2008	2046
Setembro	1665	1719
Outubro	1365	1426
Novembro	1070	1130
Dezembro	797	848
Total	18809	19322
	38130,85	

Para avaliar o impacto desta medida de melhoria (MM4) nos consumos energéticos do edifício, subtraiu-se a energia elétrica gerada para autoconsumo ao consumo total anual. Optou-se por repartir esta redução com base no peso de cada sistema no consumo total do edifício previsto, permitindo estimar a redução anual de energia primária em cada um dos sistemas consumidores. A Tabela 55 sintetiza os resultados obtidos, destacando uma redução total de 31,2% em energia elétrica.

Tabela 55 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 4 (MM4), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Peso (%)	Energia renovável para autoconsumo [kWh/ano]	Consumo com MM4 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	9,17	3496,95	7728	-31,2
Aquecimento		4428,8	3,62	1379,74	3049	-31,2
Iluminação interior		35663	29,14	11110,31	24552	-31,2
Usos não regulados	Equipamentos	61167	49,97	19055,89	42111	-31,2
	Iluminação exterior	5303,6	4,33	1652,27	3651	-31,2
	Arrefecimento	4608,4	3,77	1435,69	3173	-31,2
Total		122396	100	38130,85	84265	-31,2

De acordo com o Manual SCE [45], para atribuição da classe energética, nos casos em que o sistema solar fotovoltaico para autoconsumo serve os consumos S e T, a energia produzida deve ser direcionada para os usos regulados do edifício. Neste sentido, para compreender de forma precisa que energia é dedicada somente a estes usos, procedeu-se à simulação no SCE.ER, desta vez, considerando apenas as necessidades anuais por hora do tipo S definidas numa semana tipo. Visto que os consumos não regulados deixam de ser tidos em conta, é expectável a diminuição da energia aproveitada para autoconsumo e consequentemente, o aumento da energia entregue à rede (Anexo 15), isto porque as necessidades instantâneas do edifício passam a ser menores, sendo mesmo inexistentes fora do seu horário de funcionamento. Mesmo assim, houve um impacto significativo nos indicadores de eficiência energética do edifício. Conforme apresentado na Tabela 56, o RIEE registou uma melhoria significativa, passando de 1,49 para 0,64, o que resulta na transição da classe energética do edifício para classe B. Esta melhoria evidencia o contributo positivo da integração do sistema fotovoltaico, reforçando o desempenho energético global do edifício e a sua sustentabilidade.

Tabela 56 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
IEE _{pr,S}	81,62	81,62
IEE _{pr,ren}	0	46,36
IEE _{ref,S}	54,67	54,67
RIEE	1,49	0,64
Classe energética	C	B

Do ponto de vista económico, a implementação do sistema fotovoltaico representa um investimento inicial de 23 760 €, correspondente à instalação de 60 painéis com uma potência total de 29,7 kW (Tabela 57). O valor do investimento foi calculado com base num custo unitário de 0,80 €/Wp. Considerando a produção estimada em regime de autoconsumo para os usos S e T igual a 38 130,85 kWh/ano e o custo unitário da eletricidade determinado com base nas faturas do edifício, estima-se uma poupança anual de 5 338,32 €. Este valor traduz-se num período de retorno de apenas 4 anos e 6 meses, o que reforça a viabilidade financeira da medida.

Tabela 57 - Análise económica da MM4

Investimento - MM4	
Potência unitária do painel (W)	495
Potência instalada (W)	29700
Watt - pico (€/Wp)	0,8
Investimento total (€)	23760
Redução de consumo (kWh/ano)	38130,85
Energia (€/kWh)	0,14
Poupança anual (€)	5338
Período de retorno (anos)	4,5

A obrigatoriedade de verificação de um nível mínimo de contribuição de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços encontra-se regulamentada no Manual SCE, no âmbito do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Para este efeito, é definido o indicador $Ren_{C\&S}$, determinado através da Equação (21), que relaciona a energia renovável prevista com as necessidades anuais de AQS supridas por fontes renováveis.

$$Ren_{C\&S} = \frac{IEE_{pr,ren}}{\sum_j (\sum_k \frac{f_{AQS,k} \cdot Q_{AQS}/A_{tot}}{\eta_k}) \cdot F_{pu,j}} \quad (21)$$

Em que:

$Ren_{C\&S}$ – Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável [kWhEP/(m².ano)];

$f_{AQS,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS supridas pelo sistema k para a fonte de energia j;

Q_{AQS} – Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

η_k – Eficiência do sistema k que serve o uso n para a fonte de energia i, que corresponde ao respetivo valor de E_{DEE} , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeração e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida;

$F_{pu,j}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia j , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh].

Tendo em conta, que o edifício não dispõe de sistemas de preparação de águas quentes sanitárias, não se justificou a aplicação da equação, pelo que o cálculo do indicador não foi considerado no âmbito da análise.

6.5. MM5 – SUBSTITUIÇÃO DOS VIDROS E DAS CAIXILHARIAS EXISTENTES

A medida de melhoria 5 (MM5) prevê a substituição parcial dos vãos envidraçados e das respetivas caixilharias por soluções com melhor desempenho térmico. A seleção dos elementos a intervir teve como base a orientação das fachadas, dando prioridade à melhoria do desempenho nos compartimentos com maior exposição solar direta. Neste sentido, foram excluídos da intervenção o vão VE3 presente na sala de resíduos, dada a área de envidraçado reduzida, que não justifica a sua substituição e os vãos voltados para o pátio interior por terem menor exposição solar direta. No total, a medida abrangeu 124 dos 164 vãos existentes. A título de exemplo, na Figura 69 encontra-se representada a planta do rés do chão, na qual os vãos intervencionados são representados a ciano e os mantidos a vermelho, acompanhados da indicação da orientação de cada fachada.

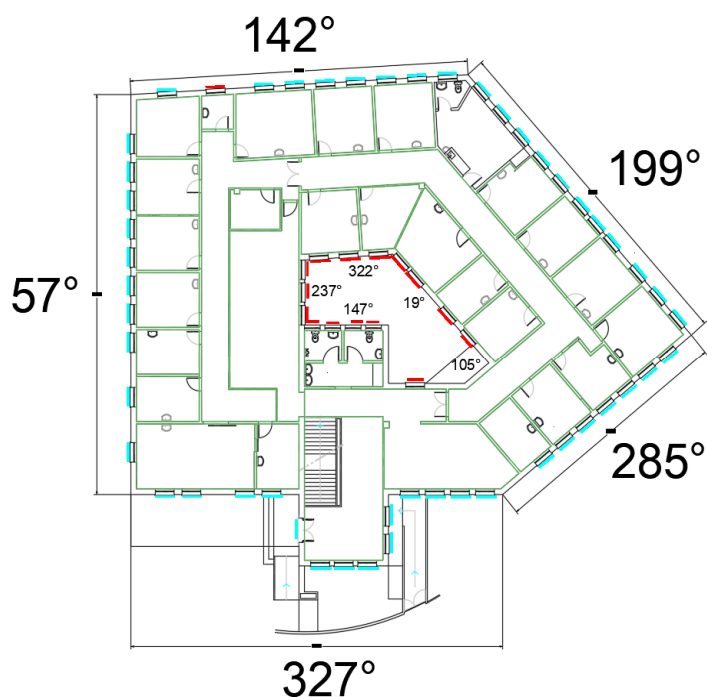


Figura 69 - Planta do rés do chão com identificação da orientação solar de cada fachada e marcação dos vãos envidraçados intervencionados (a ciano) e dos não intervencionados (a vermelho).

As soluções propostas correspondem a sistemas compostos por vidro duplo e caixilharia em PVC, cuja seleção teve por base o desempenho térmico declarado nas fichas técnicas, apresentadas no Anexo 16. Estes documentos apresentam os valores globais do fator solar e do coeficiente de transmissão térmica (U_w), calculado em conformidade com a norma EN 12412-2, a qual considera a contribuição conjunta do vidro, da caixilharia e da geometria do vão. Deste modo, não foi necessário proceder ao cálculo individualizado deste parâmetro, tendo sido diretamente utilizados os valores normalizados fornecidos pelos fabricantes.

Após a definição das soluções a adotar, procedeu-se à verificação do cumprimento dos requisitos definidos na Portaria n.º 138-I/2021 [66], relativamente aos valores máximos admissíveis para o coeficiente de transmissão térmica (U_w) e fator solar (g_{tot}), considerando a zona climática de inverno I1 e de verão V2, que estabelecem como limites $U_w \leq 3,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ e $g_{tot} \leq 0,56$. As soluções selecionadas, apresentam um coeficiente de transmissão térmica de 1,58 e 1,59 $\text{W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ e fator solar de 0,41, garantindo assim a conformidade com os requisitos legais em vigor.

A implementação da MM5 resultou numa redução global do consumo energético de 1,4%, conforme apresenta a Tabela 58.

Tabela 58 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 5 (MM5), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Consumo com MM5 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	9716	-13,4
Aquecimento		4428,8	4277	-3,4
Iluminação interior		35663	35663	-
Usos não regulados	Equipamentos	61167	61167	-
	Iluminação exterior	5303,6	5303,6	-
	Arrefecimento	4608,4	4605	-0,1
Total		122396	120730	-1,4

Este resultado deveu-se, sobretudo, à diminuição dos consumos de arrefecimento, associado à substituição dos vãos envidraçados por soluções com um coeficiente de transmissão térmica (U_w) e fator solar significativamente inferior e com maior estanquidade ao ar que permitem limitar eficazmente os ganhos térmicos indesejados no período de arrefecimento, particularmente nas fachadas com maior exposição solar, contribuindo para a redução da carga térmica no interior e, consequentemente, do consumo energético associado à climatização. Ao mesmo tempo, verifica-se uma ligeira diminuição do consumo de aquecimento, que pode ser explicado igualmente pela redução do coeficiente de transmissão

térmica (U_w), que contribui para reduzir as perdas térmicas para o exterior na estação de aquecimento, embora este efeito seja parcialmente compensado pela diminuição da radiação solar incidente que penetra nos espaços interiores, tendo em conta o menor valor de fator solar considerado.

As alterações provocadas nos indicadores de eficiência foram ligeiras. Como se observa na Tabela 59, houve uma redução pouco significativa no IEE_{pr,S}, refletindo a diminuição dos consumos regulados associados aos sistemas térmicos. Consequentemente, o valor do R_{IEE} desceu de 1,49 para 1,44, mantendo a classe C, coerente com a pequena melhoria nos consumos globais.

Tabela 59 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
IEE _{pr,S}	81,62	78,97
IEE _{pr,ren}	0	0
IEE _{ref,S}	54,67	54,67
R _{IEE}	1,49	1,44
Classe energética	C	C

Para a quantificação da medida, foi adotado um custo unitário de 300 €/m², representativo de soluções com características equivalentes em termos de desempenho térmico e construtivo. Aplicado à área total intervencionada de 157,45 m², este valor resulta num investimento estimado de 47 236,26 €. Considerando a redução anual de consumo energético obtida com a implementação da medida, a poupança anual é de 233,16 €, o que se traduz num período de retorno simples de 202 anos, conforme apresentado na Tabela 60.

Tabela 60 - Análise económica da MM5

Investimento - MM5	
Janela (vidro + caixilharia) (€/m ²)	300
Área intervencionada (m ²)	157,45
Investimento total (€)	47236,26
Redução de consumo (kWh/ano)	1665,44
Energia (€/kWh)	0,14
Poupança anual (€)	233
Período de retorno (anos)	202

6.6. MM6 – IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DO TIPO VRV

A Medida de Melhoria 6 (MM6) contempla a instalação de um sistema de climatização do tipo VRV (Volume de Refrigerante Variável) dedicado aos espaços úteis do edifício, reorganizados na zona AVAC “1_Sistema VCF + OAF”, com exceção das áreas sem ocupação predominante, agrupadas na zona “O_Sistemas SC”. Esta proposta surgiu da constatação de que, no edifício existente, apenas sete compartimentos se encontravam climatizados, deixando a maioria dos espaços com ocupação regular sem qualquer sistema ativo de controlo térmico. Para efeitos de comparação com o edifício de referência, a simulação do edifício previsto considerou, conforme exigido pela regulamentação, a instalação de equipamentos por defeito nestes espaços. A implementação de um sistema VRV tem, portanto, como objetivo substituir estas soluções genéricas, bem como os sistemas existentes nos espaços já climatizados (unidades expansão direta do tipo split) por um sistema mais coerente com às necessidades do edifício.

Este tipo de sistema apresenta-se como uma solução particularmente adequada ao contexto do edifício em estudo, não só pelo aumento da eficiência energética dos equipamentos, mas também pela capacidade de resposta ajustada às exigências de cada espaço. O princípio de funcionamento baseia-se na regulação do caudal de refrigerante enviado a cada unidade interior, permitindo uma adaptação mais precisa às necessidades térmicas locais, o que se torna especialmente relevante neste edifício com zonas tão distintas em termos de ocupação e utilização. Esta flexibilidade contribui para garantir níveis de conforto mais estáveis ao longo do tempo, ao mesmo tempo que reduz consumos desnecessários de energia.

Com o objetivo de dimensionar corretamente o sistema, foram realizadas simulações de “Cooling Design” e “Heating Design” no *DesignBuilder*. Estas simulações permitiram obter os valores de potência necessários para assegurar as condições de conforto térmico no interior de cada espaço, considerando os meses de verão para a simulação do “Cooling Design” e os meses de inverno para o “Heating Design”. O valor de potência mais elevado foi identificado no arrefecimento, com um total de 84,23 kW, sendo este o valor adotado como referência para a seleção da unidade exterior. Para responder a este valor, foi selecionado o modelo AP3016FT8P-E da Toshiba (Figura 70), com potência de aquecimento e de arrefecimento de 85 kW, cujas características técnicas podem ser consultadas no Anexo 17.



Figura 70 - Representação do modelo AP3016FT8P-E da Toshiba considerado para a unidade exterior

Além da equivalência da potência, a escolha recaiu neste modelo, por ser mais barato comparativamente a soluções encontradas de outras marcas. O equipamento apresenta valores de ESEER e SCOP de 7,5 e 3,54, respetivamente. A Figura 71 apresenta a unidade exterior conforme modelada no *software*.

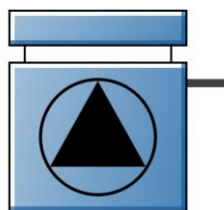


Figura 71 - Representação da unidade exterior do sistema VRV no *DesignBuilder*

Para as unidades interiores, foram selecionados modelos do tipo mural cujas potências se adequam às necessidades térmicas específicas de cada espaço, de forma a evitar consumos energéticos desnecessários. O conjunto de equipamentos adotado é apresentado na Tabela 61 e a sua distribuição pelos espaços interiores no Anexo 18.

Tabela 61 - Características das unidades interiores a implementar

Marca	Modelo	Potência (kW)	Preço (€)	Quantidade
Toshiba	UP0031HP-E	0,9	776	23
	UP0051HP-E	1,7	817	24
	UP0091HP-E	2,8	841	4
	UP0151HP-E	4,5	969	3
	UP0181HP-E	5,6	989	2
	UP0241HP-E	7,1	1090	1

Estes equipamentos são da mesma marca que o sistema exterior (Toshiba) para evitar incompatibilidades e foram alocados individualmente a cada compartimento abrangido no programa.

Trata-se de unidades do tipo expansão direta (DX), com controlo independente e ligação direta à unidade exterior através de uma rede de tubagem onde circula o refrigerante, que permite a regulação da temperatura em função das necessidades térmicas locais. A Figura 72 apresenta a unidade interior no *DesignBuilder*.

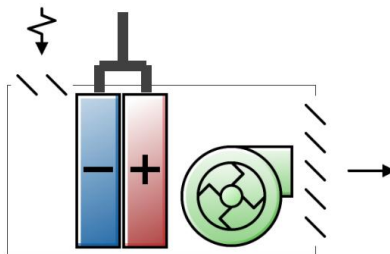


Figura 72 - Representação da unidade interior do sistema VRV no DesignBuilder

Além da unidade exterior e das unidades interiores, foi ainda considerada a instalação de uma caixa reguladora de fluxo do modelo RBM-Y1801F6PE, também da Toshiba. Este componente tem como principal função gerir o direcionamento do fluxo de frigorigéneo entre a unidade exterior e as unidades interiores, permitindo o funcionamento simultâneo para aquecimento e arrefecimento dentro do mesmo sistema. A caixa selecionada possui 6 saídas, sendo cada uma capaz de alimentar até 10 unidades interiores, o que equivale a 60 ligações, suficiente para as 57 unidades interiores previstas, tendo sido este o principal motivo para a escolha deste modelo.

Uma vez extraídos os resultados da simulação, verifica-se que adoção da MM6 teve um impacto claro na forma como a energia é consumida para climatização. A introdução do sistema VRV permitiu uma gestão mais ajustada às verdadeiras necessidades dos espaços, o que se refletiu numa queda muito significativa no consumo de arrefecimento. No aquecimento, embora a redução não tenha sido tão significativa, o efeito da medida continua a ser evidente. Estes resultados devem-se, em grande parte, à capacidade do sistema em adaptar o funcionamento às verdadeiras necessidades dos espaços, o que acaba por evitar desperdícios e garantir uma resposta mais equilibrada ao longo do ano. Os resultados são apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 - Comparação entre o consumo energético previsto e o consumo após a implementação da Medida de Melhoria 6 (MM6), com respetivo balanço percentual por sistema consumidor

Sistema consumidor		Consumo Previsto [kWh/ano]	Consumo com MM6 [kWh/ano]	Balanço percentual (%)
Arrefecimento		11224,8	4393	-60,9
Aquecimento		4428,8	3406	-23,1
Iluminação interior		35663	35663	-
Usos não regulados	Equipamentos	61167	61167	-
	Iluminação exterior	5303,6	5303,504	-
	Arrefecimento	4608,4	4612	+0,1
Total		122396	114544	-6,4

No que diz respeito ao DEE, registaram-se melhorias com a implementação da MM6, contudo, manteve-se a classe energética C (Tabela 63). Embora o valor de $IEE_{pr,S}$ tenha aumentado, à custa da aerotermia associada ao novo sistema de climatização, este aumento não penalizou o desempenho final do edifício. Isto porque, no cálculo do R_{IEE} , o $IEE_{pr,ren}$ é subtraído ao valor do $IEE_{pr,S}$, o que faz com que o contributo aerotérmico (Tabela 64) não influencie o resultado.

Tabela 63 - Comparação dos indicadores de eficiência energética e classe energética do edifício antes e após a implementação da intervenção

Indicadores	Sem intervenção	Com intervenção
$IEE_{pr,S}$	81,62	86,3
$IEE_{pr,ren}$	0	17,18
$IEE_{ref,S}$	54,67	54,67
R_{IEE}	1,49	1,26
Classe energética	C	C

Tabela 64 - Contributo aerotérmico do sistema VRV

Aerotermia	
Arrefecimento [kWh/ano]	22107
Aquecimento [kWh/ano]	4893

Do ponto de vista económico, a implementação da MM6 implicou um investimento total a rondar os 80 955 €, que inclui a unidade exterior, as unidades interiores e a caixa reguladora de caudal. Com base na redução de consumo estimada, cerca de 7851 kWh/ano, e considerando o custo unitário de energia utilizado no estudo, estima-se uma poupança anual de 1099 €. O período de retorno, calculado

a partir destes valores, é de aproximadamente 74 anos (Tabela 65). Apesar deste valor elevado, é importante ter em conta tudo o que esta medida representa. Para além da poupança direta, a intervenção permitiu melhorar significativamente o conforto e a eficiência do edifício, com a implementação de um sistema mais ajustado à forma como os espaços são realmente usados. Nesse sentido, os benefícios vão para além da vertente económica, contribuindo para uma utilização mais racional da energia e para a valorização global do edifício.

Tabela 65 - Análise económica da MM6

Investimento - MM6		
Unidade exterior (€)	AP3016FT8P-E	29172
Unidade interior (€)	23 x UP0031HP-E	17848
	24 x UP0051HP-E	19608
	4 x UP0091HP-E	3364
	3 x UP0151HP-E	2907
	2 x UP0181HP-E	1978
	1 x UP0241HP-E	1090
Caixa reguladora de caudal (€)	Y1801F6PE	4988
Investimento total (€)		80955
Redução de consumo (kWh/ano)		7851,11
Energia (€/kWh)		0,14
Poupança anual (€)		1099
Período de retorno (anos)		74

6.7. AVALIAÇÃO FINAL DA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA

Para concluir a análise, procedeu-se à simulação conjunta das seis medidas de melhoria. Os resultados obtidos na Tabela 66 demonstram uma redução do consumo anual de energia de 42 587 kWh/ano. Esta redução mostrou-se benéfica para o DEE, refletindo-se na passagem da classe energética inicial C para A+. Entre as medidas implementadas, salienta-se o contributo relevante da produção de energia elétrica por via fotovoltaica (MM4), bem como das intervenções ao nível da iluminação (MM3) e da climatização (MM6), que se revelaram determinantes para os ganhos obtidos.

Tabela 66 - Síntese dos resultados obtidos com a aplicação da medida de melhoria conjunta

	Inicial	MM1	MM2	MM3	MM4	MM5	MM6	MM Conjunta
IEEpr,S	81,62	80,68	80,31	57,22	81,62	78,97	86,30	55,11
IEEpr,ren	0,00	0,00	0,00	0,00	46,36	0,00	17,18	42,85
IEEref,S	54,67	54,67	54,67	54,67	54,67	54,67	54,67	54,67
RIEE	1,49	1,48	1,47	1,05	0,64	1,44	1,26	0,22
Classe energética	C	C	C	C	B	C	C	A+
Consumo total (kWh/ano)	122 396	121 870	121 596	107 039	84 265	120 730	114 544	79 809
Custo total (€)	17 135	17 062	17 023	14 985	11 797	16 902	16 036	11 173
Investimento (€)	-	29 854	27 772	29 380	23 760	47 236	80 955	238 958
Poupança anual (€)	-	74	112	2 150	5 338	233	1 099	5 962
Período de retorno (anos)	-	406	248	13,7	4,5	202,6	73,7	40

Adicionalmente, foi feita a verificação do cumprimento dos requisitos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021 [43] para a classificação como nZEB, apresentada na Tabela 67.

Tabela 67 - Requisitos nZEB para edifício novos ou sujeitos a grande intervenção

Requisitos para edifícios de comércio e serviços nZEB	Verificação
$RIEE \leq 0,50$	$0,22 \leq 0,50 \Rightarrow$ CUMPRE
$IEEfossil,S \leq 0,75 \times IEEref,S$	$40,91 \leq 0,75 \times 54,67 \Rightarrow$ CUMPRE

Neste contexto, destaca-se em primeiro lugar a verificação do requisito do RIEE com um valor significativamente abaixo do valor limite requerido e em segundo o cumprimento do requisito relativo ao $IEEfossil,S$, que considera exclusivamente o consumo energético proveniente de fontes fósseis associado aos usos do tipo S, como é o caso da eletricidade, excluindo a contribuição térmica renovável (aeroterminia) proveniente do sistema de climatização VRV. Este indicador cumpre o requisito definido, sendo inferior a 75% do valor do $IEEref,s$.

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Importa mencionar que os requisitos definidos pelo mesmo despacho para edifícios existentes sujeitos a grandes renovações não foram avaliados separadamente, uma vez que os requisitos da classificação nZEB são mais exigentes, estando o seu cumprimento subentendido.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. CONCLUSÕES

A transição energética e a redução das emissões no setor dos edifícios são hoje prioridades essenciais para atingir os objetivos de sustentabilidade e neutralidade carbónica definidos a nível europeu. Os edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB) surgem, assim, como uma meta a alcançar, exigindo intervenções profundas, sobretudo em edifícios de serviços existentes, que frequentemente apresentam um desempenho energético desajustado face às exigências atuais [ref].

Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho energético do centro de saúde de Rio de Mouro e propor medidas de melhoria orientadas para a aproximação aos critérios nZEB. A simulação do edifício previsto revelou um consumo anual de 122 396 kWh, com a atribuição da classe energética C ao edifício, refletindo a necessidade de intervenção ao nível dos sistemas e elementos com maior impacto nos usos regulados, determinantes para o desempenho energético do edifício.

Com base na análise dos elementos construtivos e dos sistemas técnicos com maior contributo negativo, foram propostas seis medidas de melhoria. A instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo foi a medida com maior impacto individual, permitindo uma redução de 31,2% do consumo elétrico e promovendo a passagem da classe energética de C para B. A modernização do sistema de iluminação, com a substituição por soluções LED, levou à redução global de 12,5% do consumo, tendo sido particularmente eficaz face ao peso da iluminação interior no consumo total do edifício inicial (29,1%). Já a implementação do sistema de climatização do tipo VRV, mais eficiente e adaptado à ocupação real dos espaços, contribuiu para uma gestão térmica mais racional, reduzindo substancialmente os consumos associados ao arrefecimento (60,9%). Por sua vez, as medidas direcionadas à envolvente térmica, nomeadamente a aplicação de isolamento térmico nas fachadas e na cobertura interior, revelaram-se eficazes na redução das necessidades de aquecimento, com diminuições de 33,8% e 53,5%, respetivamente. No entanto, o impacto global no consumo total foi reduzido, explicado pelo facto de o edifício apresentar um consumo de aquecimento relativamente baixo (3,6% do total), resultante de um forte contributo dos ganhos internos que compensam, em grande parte, as perdas térmicas da envolvente. Estes ganhos, gerados principalmente pelos equipamentos (com destaque para a sala de servidores), mas também pela radiação solar direta, iluminação artificial e ocupação humana, contribuem para um aumento significativo da carga térmica no interior dos espaços, exigindo

necessidades de arrefecimento constantes ao longo de todo o ano. A substituição dos vãos envidraçados, por sua vez, permitiu controlar parte dos ganhos solares, traduzindo-se numa redução modesta de 1,4% do consumo total, mas reforçando a estanquidade e o desempenho térmico da envolvente.

Para todas as medidas foi ainda determinada a estimativa do período de retorno simples, com base no investimento e na poupança anual obtida, sem, no entanto, ser realizada uma análise de viabilidade ou tomada de decisão quanto à sua aplicabilidade real.

A aplicação conjunta das seis medidas resultou numa redução de 42 587 kWh no consumo anual, o que permitiu a subida da classe energética para A+, refletindo a melhoria significativa do desempenho energético do edifício. A verificação dos requisitos nZEB definidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021 permitiu confirmar que, com as medidas implementadas, o edifício reúne as condições necessárias para ser classificado como nZEB. Este resultado reforça a viabilidade técnica da estratégia adotada e demonstra que a aproximação aos requisitos de eficiência energética é possível mesmo em edifícios de serviços existentes.

Em suma, este estudo demonstrou o potencial de reabilitação energética de edifícios de serviços através da combinação de medidas passivas e ativas. Além de representar um contributo prático para a valorização do parque edificado, o trabalho constituiu uma oportunidade de consolidação de conhecimentos em simulação energética, interpretação da regulamentação e análise crítica de soluções técnicas.

7.2. PERSPETIVAS E TRABALHOS FUTUROS

De forma geral, apesar de o edifício já reunir os requisitos necessários para ser classificado como nZEB, o trabalho desenvolvido permitiu identificar outras oportunidades de melhoria. A exploração dessas soluções, pode contribuir para melhorar ainda mais a eficiência, o conforto e a funcionalidade do centro de saúde de Rio de Mouro.

Uma das propostas mais relevantes passa pela implementação de um sistema de ventilação mecânica, que garanta a renovação do ar interior de forma controlada. Embora esta medida possa representar um aumento do consumo energético, o seu impacto na qualidade do ar e no conforto dos ocupantes é significativo, sobretudo em zonas com elevada densidade de utilização, como as salas de espera. Também merece destaque a eventual integração de um sistema para aquecimento das águas sanitárias (AQS), atualmente inexistente. A sua instalação permitiria responder a uma exigência comum em edifícios de serviços, oferecendo melhores condições de uso aos utentes e profissionais. Por fim, é importante rever os espaços onde não foram cumpridos os requisitos mínimos de iluminância ou de

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

densidade de potência. Nestes casos, poderá ser útil testar outras soluções, reajustar a distribuição das luminárias ou ainda equacionar a utilização de sistemas de controlo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADENE. (2024). “7.º Relatório de Progresso da ELPRE regista avanços na descarbonização, mas desafios exigem ação urgente”. <https://www.adene.pt/7-o-relatorio-de-progresso-da-elpre-regista-avancos-na-descarbonizacao-mas-desafios-exigem-acao-urgente/>
- [2] Gaspar, H. (2017). “Melhoria da eficiência energética de edifícios existentes - Análise técnico-económica” . <https://comum.rcaap.pt/entities/publication/b55db0e6-8979-4950-bd8b-1f5dc1db4ab7>
- [3] Banco de Portugal. (2022). “Como éramos e como mudámos | Portugal em construção”. Bportugal.pt. <https://www.bportugal.pt/page/como-eramos-e-como-mudamos-portugal-em-construcao>
- [4] Moura, M. (2021). “Reabilitação energética de um edifício de serviços para atingir o estatuto nZEB.” *Repositorio-Aberto.up.pt*. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/135128?locale=pt>
- [5] Prata, T. G. (2022). “Avaliação Energética com Recurso ao BIM para Escolha de Estratégias de Reabilitação - Bairro do Lordelo do Ouro, Porto.” *Repositorio-Aberto.up.pt*. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/142399>
- [6] Almeida, A. (2024,). “Os números da energia em Portugal”. Adene.pt. <https://www.adene.pt/adenenews/os-numeros-da-energia-em-portugal/>
- [7] Caixa Geral Depósitos. (2022). “Dependência energética nacional.” Wwww.cgd.pt. https://www.cgd.pt/Site/Saldo-Positivo/Sustentabilidade/Pages/dependencia-energetica.aspx?utm_source=chatgpt.com
- [8] DGEG. “Edifícios.” Wwww.dgeg.gov.pt. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- [9] DGEG. “Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios”. Wwww.dgeg.gov.pt. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>
- [10] European Commission. (2020). “Renovation Wave”. Energy.ec.europa.eu. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
- [11] DGEG. (2015). “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação de Edifícios”. Dgeg.gov.pt. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-de-edificios/>
- [12] United Nations General Assembly. (2015). “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development: resolution / adopted by the General Assembly”. United Nations Digital Library. <https://digitallibrary.un.org/record/3923923?v=pdf>

- [13] Ke, Y., Liu, W., Wang, J., Yunna, W., Yao, Q., & Liu, F. (2025). "How to improve eco-efficiency of projects with low-carbon transition in energy utilization". *Energy*, 322, 135531. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135531>
- [14] Chen, W., Alharthi, M., Zhang, J., & KHAN, I. (2023). "The need for energy efficiency and economic prosperity in a sustainable environment". <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.025>
- [15] IEA. (2022). "Executive summary – Energy Efficiency 2022 – Analysis". International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022/executive-summary>
- [16] IEA. (2021). "*Net Zero by 2050*". International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- [17] IRENA. (2023). "Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C". International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Oct/COP28_IRENA_GRA_Tripling_renewables_doubling_efficiency_2023.pdf
- [18] World Bank. (2024). "Overview". <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/overview>
- [19] UNESCO. (n.d.). "*Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos*". Comissão Nacional Da UNESCO. <https://unescoportugal.mne.gov.pt/pt/temas/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/os-17-ods/objetivo-de-desenvolvimento-sustentavel-7-garantir-o-acesso-a-fontes-de-energia-fiaveis-sustentaveis-e-modernas-para-todos>
- [20] European Union. (2020). "Impulsionar uma Vaga de Renovação na Europa para tornar os edifícios mais ecológicos, criar emprego e melhorar as condições de vida". Europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0662>
- [21] European Union. (2002). "Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings". Europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/91/oj>
- [22] European Union. (2010). "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)". Eur-Lex.europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
- [23] European Union. (2018). "Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive

2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance).” Eur-Lex.europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>

[24] European Union. (2023). “Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources and repealing Council Directive (EU) 2015/652”. Eur-Lex.europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>

[25] European Union. (2024). “Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast) (Text with EEA relevance)”. Europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>

[26] REA. (2022). “Energias renováveis | Relatório do Estado do Ambiente”. Apambiente.pt. <https://rea.apambiente.pt/content/energias-renov%C3%A1veis>

[27] DGEG. (2024). “Revisão do PNEC 2030 PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA 2021-2030 (PNEC 2030)”. https://www.dgeg.gov.pt/media/54fldci3/pnec2030_para_aprov_ar.pdf

[28] Observatório da Energia , DGEG, & ADENE. (2024). “Energia em Números - Edição 2024”. <https://www.dgeg.gov.pt/media/e1eb3n0l/dgeg-aen-2024e.pdf>

[29] REA. (2023). “Produção e consumo de energia | Relatório do Estado do Ambiente”. Apambiente.pt. <https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-e-consumo-de-energia>

[30] Renováveis Magazine. (2023). “Balanço Energético Sintético 2022”. <https://www.renovaveismagazine.pt/balanco-energetico-sintetico-2022/>

[31] República Portuguesa. (2024). “Governo revê PNEC 2030 com metas mais ambiciosas”. Portugal.gov.pt. <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc24/comunicacao/comunicado?i=governo-reve-pnec-2030-com-metas-mais-ambiciosas>

[32] Prado, M. (2024). *Energia solar: capacidade instalada em Portugal disparou 46% no ano passado*. Expresso. https://expresso.pt/economia/economia_energia/2024-02-01-Energia-solar-capacidade-instalada-em-Portugal-disparou-46-no-ano-passado-e7f046a3

[33] Observatório da Energia , DGEG, & ADENE. (2019). “Energia em Números - Edição 2019”. <https://www.dgeg.gov.pt/media/2rbhg2qu/i017177.pdf>

[34] DGEG. (2019). “ENERGIA EM PORTUGAL - Principais Números”. <https://www.dgeg.gov.pt/media/oitld2an/energiaportugal-2008-2017-pt.pdf>

[35] Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. (1998). “Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de maio”. Diariodarepublica.pt. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/118-1998-517194>

- [36] ADENE. (2023). “16 anos de Certificação Energética dos Edifícios”. Sistema de Certificação Energética. <https://www.sce.pt/16-anos-de-certificacao-energetica-dos-edificios/>
- [37] Ministério da Economia e do Emprego. (2013). “Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto”. Diariodarepublica.pt. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/118-2013-499237>
- [38] Diário da República. (2021). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 8-A/2021*. https://energy.ec.europa.eu/document/download/fdf613aa-4ac0-4456-924b-7eb3469f3b64_en?filename=pt_2020_ltrs.pdf
- [39] REHVA Guidebook No. 28 – “NZEB Design Strategies for Residential Buildings in Mediterranean Regions - Design Guideline Part 1”.
- [40] Buildings Performance Institute Europe (BPIE). (2015). “NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS DEFINITIONS ACROSS EUROPE”. https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf
- [41] Jalaei, F., & Jrade, A. (2015). Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. *Sustainable Cities and Society*, 18, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.007>
- [42] European Union. (2021). “Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings (recast)”. Europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52021PC0802>
- [43] DGEG. (2021). “Despacho n.º 6476-E/2021, de 1 de Julho”. <https://files.diariodarepublica.pt/2s/2021/07/126000001/0003000032.pdf>
- [44] Ambiente e Transição Energética. (2019). “Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril”. Diariodarepublica.pt. <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2019/04/06500/0181601818.pdf>
- [45] ADENE. *Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios (Manual SCE)*. <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2021/07/Manual-SCE.pdf>
- [47] Vieira, N. (2020). “Iluminação natural e Ganhos solares em edifícios”. <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/92183/1/Ilumina%c3%a7%c3%a3o%20natural%20e%20ganhos%20solares%20em%20edif%c3%adfcios.pdf>
- [48] Guerreiro, A. (2022). “Manual de Arquitetura Bioclimática para a Região Autónoma dos Açores”. <https://csustentavel.com/wp-content/uploads/2022/02/Manual-de-Arquitetura-Bioclimatica-para-a-RAA.pdf>

- [49] Pinto, R. (2014). “Reabilitação energética de um edifício de serviços: convergência para NZEB”. Repositorio.ipl.pt; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. <https://repositorio.ipl.pt/entities/publication/40e02c97-5869-44ee-8206-99988ae5fe5b>
- [50] Esteves, A. (2021). “Estratégia para alcançar o Nearly Zero Energy Building (NZEB) na reabilitação energética de um edifício residencial”. Recipp.ipp.pt. <https://recipp.ipp.pt/entities/publication/0c036f68-0a22-4e80-a210-765166c5f7dd>
- [51] EDP. (2012). “GUIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA”. www.edp.pt https://www.edp.pt/media/5651/guia_ee_adene.pdf
- [52] EDP. (2021). “Tudo sobre as novas etiquetas energéticas”. EDP Comercial. <https://www.edp.pt/particulares/content-hub/tudo-sobre-as-novas-etiquetas-de-eficiencia-energetica/>
- [53] E. R. Onainor, “Manual de Eficiência Energética,” vol. 1, 2019, pp. 105–112
- [54] U.S. Department of Energy. (2022). “Getting Started”. energyplus.net. https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v22.2.0/GettingStarted.pdf
- [55] Pisello, A. L., Goretti, M., & Cotana, F. (2012). “A method for assessing buildings’ energy efficiency by dynamic simulation and experimental activity”. *Applied Energy*, 97, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.094>
- [56] Barrios, G., Huelsz, G., Rojas, J., Ochoa, J. M., & Marincic, I. (2012). “Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings”. *Energy and Buildings*, 50, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.030>
- [57] Jalaei, F., & Jrade, A. (2013). “Integrating Building Information Modeling (BIM), Energy Analysis and Simulation Tools to Conceptually Design Sustainable Buildings”. <https://legacy.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2013/pdfs/construction/60.pdf>
- [58] Kim, J. B., Jeong, W., Clayton, M. J., Haberl, J. S., & Yan, W. (2015). “Developing a physical BIM library for building thermal energy simulation. *Automation in Construction*, 50, 16–28. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.011>
- [59] Autodesk. (2016). “Help about energy analysis for autodesk® revit®”. Autodesk.com. <https://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ENU/?guid=GUID-A4C490A7-A86C-4027-B829-A77AB3211B60>
- [60] Queiróz, G. R., Santos, J. C. P., & Grigoletti, G. C. (2015). “Autodesk Revit® como Ferramenta BIM Aplicada à Simulação Térmica de Edificações”. *Revista de Arquitetura IMED*, 4(2), 33–41. <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v4n2p33-41>

- [61] DesignBuilder. “DesignBuilder Software Ltd – Simulation”. Designbuilder.co.uk. https://designbuilder.co.uk/simulation?utm_source=chatgpt.com
- [62] DesignBuilder. “Model data hierarchy & data inheritance”. Designbuilder.co.uk. https://designbuilder.co.uk/helpv6.0/#_Model_data_hierarchy_and_data_inheritance.htm#kanchor545
- [63] DesignBuilder. “Heating Design Calculation”. Designbuilder.co.uk. https://designbuilder.co.uk/helpv6.0/#_Heating_design_simulation.htm?TocPath=Outputs%2520and%2520Calculations%257CHeating%2520Design%257C_____0
- [64] DesignBuilder. “Cooling Design Calculation”. Designbuilder.co.uk. https://designbuilder.co.uk/helpv6.0/#_Cooling_design_simulation.htm?TocPath=Outputs%2520and%2520Calculations%257CCooling%2520Design%257C_____0
- [65] DGEg. (2013). “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013”. Diário da República, 2.ª série — N.º 234 — 3. <https://files.dre.pt/2s/2013/12/234000003/0002600031.pdf>
- [66] Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação. (2021). “Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho”. <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2021/07/12602/0001200053.pdf>
- [67] Antti RAYMING. (2024). “Thermal Inertia – What It Is and What Are Its Effects”. LinkedIn.com. <https://www.linkedin.com/pulse/thermal-inertia-what-its-effects-antti-rayming-aby5c>
- [68] Santos, C. A. P. dos, & Matias, L. (2006). “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios” (Versão atualizada 2006). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- [69] “Balanço Energético Sintético 2024.” *Dgeg.gov.pt*, 2024, www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/balanco-energetico-sintetico-2024/. Accessed 22 Dec. 2025.
- [70] “Energia Em Números, Edição 2025.” *Dgeg.gov.pt*, 2025, www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/energia-em-numeros-edicao-2025/.

ANEXO 1 – DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO

O coeficiente de redução de perdas térmicas (b_{ztu}) permite quantificar a influência térmica dos espaços não úteis (ENU) no desempenho energético do edifício. Este parâmetro permite avaliar de forma mais rigorosa o contributo dos elementos da envolvente em contacto com estes espaços, ajustando o efeito das trocas térmicas em função das temperaturas envolvidas e da geometria dos compartimentos. A sua determinação segue a metodologia definida no Manual SCE, sendo o cálculo realizado com base na Equação (22), considerando as temperaturas médias do espaço interior útil (θ_{int}), do ambiente exterior (θ_{ext}) e do espaço não útil (θ_{enu}).

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (22)$$

Como a temperatura interior dos ENU não é conhecida, o valor de b_{ztu} foi estimado utilizando o rácio entre a área interior dos elementos que separam os respetivos espaços interiores uteis do espaço interior não útil (A_i) e a área dos elementos que separam o espaço interior não útil do exterior (A_u), conforme os valores de referência definidos na Tabela 68. Para o cálculo, o volume é também tido em consideração, além da permeabilidade ao ar dos espaços, sendo aplicado o fator f quando as ligações entre elementos se encontram bem vedadas e não existem aberturas de ventilação permanentes, e o fator F quando o espaço apresenta aberturas ou ligações que o tornam permeável ao ar.

Tabela 68 - Valores do coeficiente de redução

bztu	Venu ≤ 50 m³		50 m³ < Venu ≤ 200 m³		Venu > 200 m³	
	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
$A_i/A_u \geq 0,5$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

A Tabela 69 apresenta os dados para o cálculo do b_{ztu} dos diferentes espaços não úteis identificados no edifício, nomeadamente as salas técnicas (PT, servidor) e os compartimentos de arrumos no piso -1, a entrada lateral no piso 1 e o desvão superior, que por ser fortemente ventilado apresenta um valor de b_{ztu} igual a 1. Estes resultados foram utilizados para classificar a influência térmica de cada ENU, servindo de base para a marcação da envolvente.

Tabela 69 - Coeficientes de redução dos espaços não úteis

Zona	Venu [m³]	Ai [m²]	Au [m²]	Ai/Au [m²]	bztu
PM1B002ArrumosA	24,67	32,47	0,83	39,31	0,3
PM1B003ArrumosB	23,33	21,35	12,12	1,76	0,6
PM1B005ArrumosC	43,99	29,95	10,51	2,85	0,4
PM1B006ArrumosD	62,87	41,37	11,05	3,75	0,5
PM1B001PT	113,73	45,31	-	-	0,4
PM1B004Servidor	24,20	24,38	15,69	1,55	0,6
P01B001Entrada	16,59	26,56	5,94	4,47	0,3
P01D001Desvao	793,95	-	-	-	1,0

ANEXO 2 – MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE

As figuras seguintes, apresentam as plantas do edifício com a respetiva marcação da envolvente.

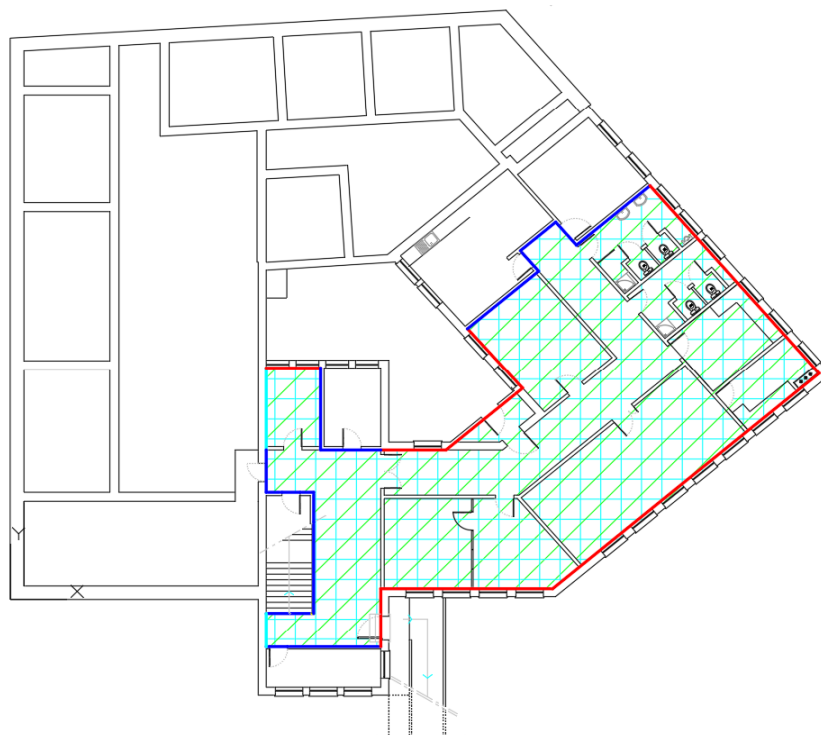


Figura 73 - Marcação da envolvente do piso -1

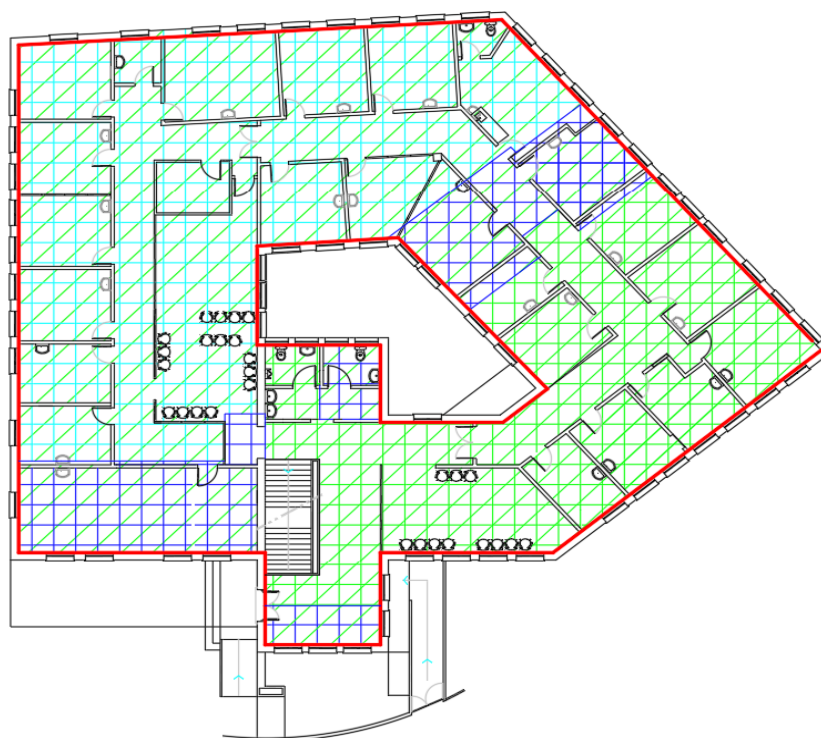


Figura 74 - Marcação da envolvente do rés do chão

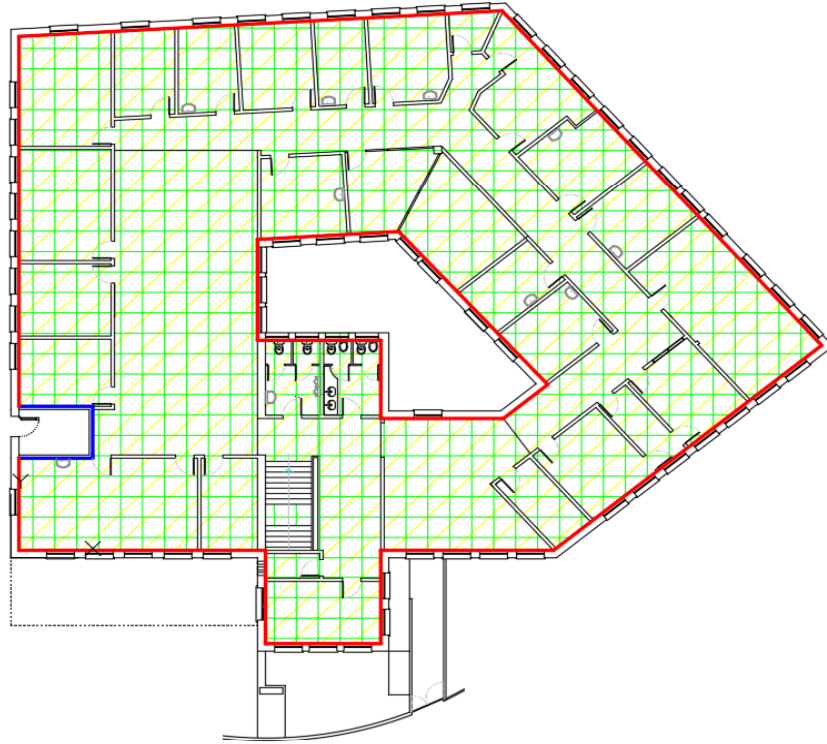


Figura 75 - Marcação da envolvente do piso 1

ANEXO 3 - METODOLOGIA DE CÁLCULO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

O coeficiente de transmissão térmica (U) é calculado com base na resistência térmica total (R_{tot}) do elemento, conforme a Equação (23), a qual integra todas as resistências térmicas associadas às camadas constituintes do elemento e as resistências superficiais correspondentes, consoante a condição fronteira.

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (23)$$

Para elementos com condição fronteira exterior, (ex.: paredes exteriores, coberturas e pavimentos em contacto direto com o exterior), a resistência térmica total (R_{tot}) resulta da soma das resistências térmicas das camadas constituintes, complementada pelas resistências superficiais interior e exterior, conforme a Equação (24).

$$R_{tot} = R_{Si} + \sum_j R_j + R_{Se} \quad (24)$$

No caso de elementos com condição fronteira interior (ex.: paredes interiores ou pavimentos entre pisos), a resistência térmica total (R_{tot}) deve considerar apenas as resistências térmicas das camadas constituintes e as resistências superficiais interiores de ambos os lados do elemento, excluindo a resistência superficial exterior, de acordo com a Equação (25).

$$R_{tot} = R_{Si} + \sum_j R_j + R_{Si} \quad (25)$$

Desta forma, o cálculo do coeficiente de transmissão térmica dos elementos interiores (U_{int}) deve seguir o método apresentado na Equação (26).

$$U_{int} = \frac{1}{\frac{1}{U_{ext}} - R_{Se} + R_{Si}} \quad (26)$$

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

As resistências térmicas superficiais adequadas à condição de fronteira do elemento, encontram-se presentes em baixo conforme indicado na Tabelas 70.

Tabela 70 - Valores das resistências térmicas superficiais

Sentido do fluxo	Resistência térmica superficial [(m².°C)/W]	
	Interior (Rsi)	Exterior (Rse)
Horizontal	0,13	0,04
Ascendente	0,10	
Descendente	0,17	

ANEXO 4 - IDENTIFICAÇÃO DA ENVOLVENTE VERTICAL EM CONTACTO COM OS ENU

As paredes exteriores que delimitam os espaços não úteis do exterior são designadas por PE1B e encontram-se representadas a vermelho na Figura 76 e na Figura 77.

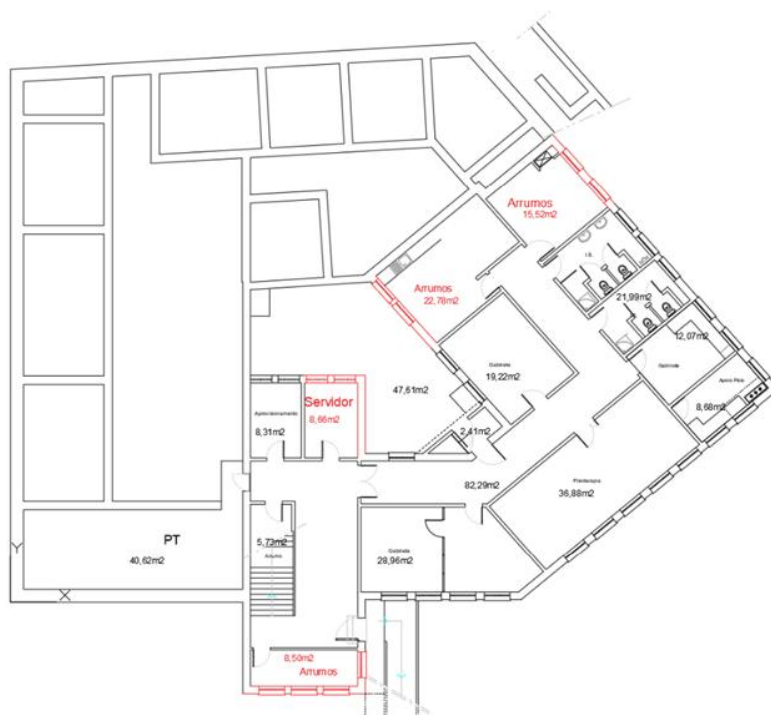
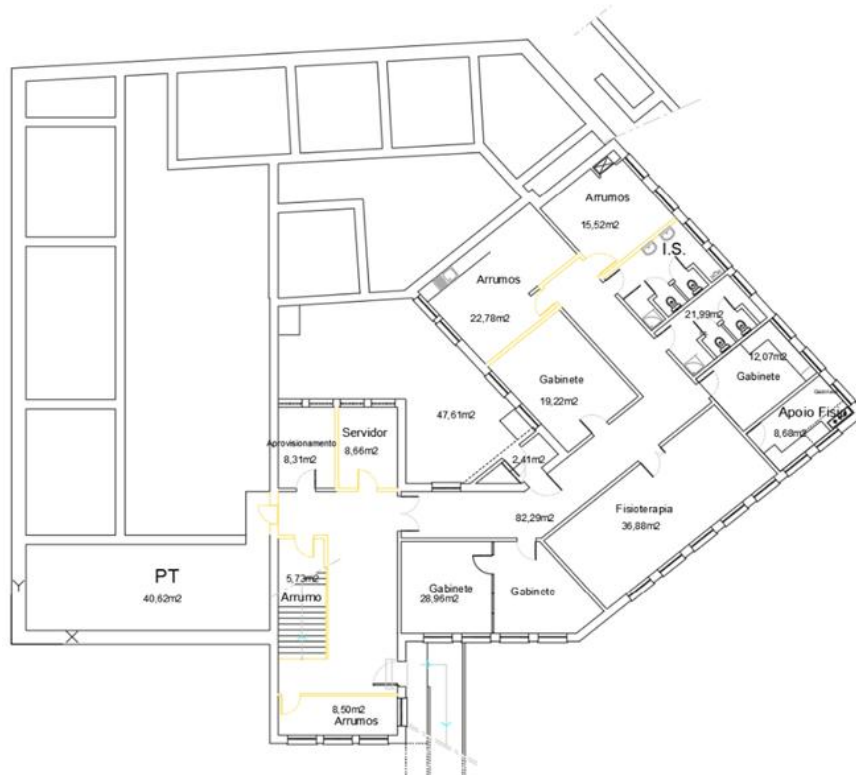


Figura 76 - Representação das paredes exteriores PE1B do piso -1



Figura 77 - Representação das paredes exteriores PE1B do piso 1

As paredes interiores que dividem os espaços não úteis dos espaços úteis são designadas por PINT1 e PINT2, de acordo com a sua espessura e estão representadas nas Figura 78 e 79 a amarelo.

[illegible]

140

ANEXO 5 - INÉRCIA TÉRMICA

A capacidade dos elementos construtivos em armazenar calor, conhecida como inércia térmica interna, depende da massa superficial por metro quadrado de área útil interior do pavimento (I_t). Esta capacidade é calculada pela Equação (27):

$$I_t = \frac{\sum_i M_{Si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (27)$$

Em que:

I_t - Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento [kg/m^2];

M_{Si} - Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2];

r_i - Fator de redução da massa superficial útil do elemento i ;

S_i - Área da superfície interior do elemento i [m^2];

A_p - Área interior útil de pavimento [m^2].

O resultado obtido da equação, permite identificar a classe de inércia térmica, conforme a Tabela 71 presente no manual SCE [12].

Tabela 71 - Classes de inércia térmica

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

Contudo, uma vez que não se dispõe de informação detalhada acerca da constituição dos elementos construtivos, foram seguidas as regras de simplificação apresentadas na Tabela 72, procedendo-se à atribuição da classe de inércia térmica por defeito, conforme estabelecido no manual SCE [12].

Tabela 72 - Regras de simplificação para determinação da classe de inércia térmica

Classe de Inércia	Soluções
Inércia Forte ($I_t = 475 \text{ kg/m}^2$)	Sem soluções de isolamento térmico pelo interior
	Pavimento e teto em betão armado ou pré-esforçado
	Revestimento de teto em estuque ou reboco
	Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, exceto pavimentos flutuantes
	Paredes de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco
	Paredes exteriores e interiores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco
Inércia Média ($I_t = 275 \text{ kg/m}^2$)	Caso não se verifiquem, cumulativamente, as soluções aplicáveis às classes de inércia Forte ou Fraca
Inércia Fraca ($I_t = 75 \text{ kg/m}^2$)	Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)
	Revestimento de piso tipo flutuante ou pavimento de madeira
	Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação

O critério estabelecido no Manual SCE para situações de incerteza prevê a adoção da classe média na dúvida entre inércia forte ou média, e da classe fraca na dúvida entre inércia média ou fraca. Atendendo à ausência de informação que permita classificar claramente o edifício numa classe de inércia térmica forte ou fraca, foi atribuída ao edifício a classe de inércia térmica média ($I_t = 275 \text{ kg/m}^2$).

ANEXO 6 - COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS (ANEXO III ITE50 LNEC)

QUADRO III.2

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS
CAIXILHARIA METÁLICA
 U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

A – SEM CORTE TÉRMICO

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]	$U_{wdn}^{(2)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]		
					Dispositivo de oclusão nocturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
						Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa	—	6,0	4,9	4,5	3,8
		giratória	—	6,2	5,0	4,6	3,9
		de correr	—	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,1	2,8	2,6	2,3
		giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,6	3,2	3,0	2,6
		de correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,7	3,3	3,1	2,7
Duplo ⁽⁴⁾ (2 janelas)	1 (vidro simples em cada janela)	fixa, giratória ou de correr	50 a 100 mm (distância entre janelas)	3,1	2,8	2,6	2,3

NOTAS:

- 1 - U_w , coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação nocturna (vd. texto 4.5).
- 2 - U_{wdn} , coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado (inclui a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão nocturna), aplicável a locais com ocupação nocturna (vd. texto 4.5). Se o vão envidraçado não dispõe de dispositivos de oclusão nocturna, $U_{wdn} = U_w$.
- 3 - Para os vidros com baixa emissividade (low ϵ) considera-se uma emitância $\epsilon = 0,40$. Para outros valores de ϵ vd. texto 4.5.
- 4 - Nas janelas duplas admite-se que ambas as janelas têm o mesmo tipo de vidro simples e de caixilho de madeira. Para outras combinações de janelas vd. texto 4.5.

III.4

Figura 80 - Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais (LNEC)

ANEXO 7 - CAUDAL DE INFILTRAÇÕES DO EDIFÍCIO

Tabela 73 - Cálculo dos caudais de infiltração no edifício

Compartimento	Volume [m³]	Tipos de permeabilidade e exposição ao espaço	Infiltração de ar [rph]	Qinfiltração [m³/h]
PM1B001PT	113,73	Espaços interiores	0,05	5,6865
PM1B002ArrumosA	24,67	Espaços interiores	0,05	1,2335
PM1B003ArrumosB	23,33	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	6,999
PM1B004Servidor	24,2	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,84
PM1B005ArrumosC	43,99	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	8,798
PM1B006ArrumosD	62,87	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	12,574
PM1Z001Hall	93,62	Espaços interiores	0,05	4,681
PM1Z002Aprovisionamento	23,19	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,638
PM1Z003Circulacao	116,14	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	23,228
PM1Z004GabA	42,23	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	8,446
PM1Z005GabB	38,56	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,712
PM1Z006Fisioterapia	102,82	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	20,564
PM1Z007ApoioFisio	24,22	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	7,266
PM1Z008GabC	33,74	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,748
PM1Z009ISH	27,96	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,592
PM1Z010ISM	33,29	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,658
PM1Z011GabD	53,78	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	10,756
PM1Z012SaidaExt	8,56	Espaços interiores	0,05	0,428
P00Z001Entrada	179,8	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	53,94
P00Z002ISFraldario	49,32	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	9,864
P00Z003EspInfantil	83,27	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	16,654
P00Z004Corredor2	171,09	Espaços interiores	0,05	8,5545
P00Z005Gab1	27,57	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,514
P00Z006Gab2	35,12	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,024
P00Z007Gab3	32,4	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,48
P00Z008Gab4	45,11	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	13,533
P00Z009Gab5	32,89	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,578
P00Z010Gab6	43,48	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	8,696
P00Z011Gab7	26,47	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,294

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Volume [m³]	Tipos de permeabilidade e exposição ao espaço	Infiltração de ar [rph]	Qinfiltração [m³/h]
P00Z012Gab8	36,5	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,3
P00Z013Gab9	50,1	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	10,02
P00Z014Gab10	38,92	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,784
P00Z015Copa	54,26	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	10,852
P00Z016ISP	8,64	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	1,728
P00Z017Gab11	35,05	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,01
P00Z018Gab12	41,39	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	8,278
P00Z019Gab13	37,22	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,444
P00Z020Gab14	41,39	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	8,278
P00Z021Gab15	54,97	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	10,994
P00Z022Corredor1	129,05	Espaços interiores	0,05	6,4525
P00Z023Resíduos	11,94	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	2,388
P00Z024BackOffice	40,37	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	12,111
P00Z025Gab16	38,37	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,674
P00Z026Gab17	37,47	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,494
P00Z027Gab18	37,69	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,538
P00Z028Gab19	31,02	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,204
P00Z029Gab20	31,07	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,214
P00Z030SalaTratam	115,7	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	34,71
P00Z031Farmacia	21,65	Espaços interiores	0,05	1,0825
P00Z032SalaEsp	125,71	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	25,142
P01B001Entrada	16,59	Espaços interiores	0,05	0,8295
P01Z001Hall	97,01	Espaços interiores	0,05	4,8505
P01Z002ISM1	24,2	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,84
P01Z003ISH1	23,24	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,648
P01Z004Rececao	254,51	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	50,902
P01Z005Gab1	29,46	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,892
P01Z006SalaReunioes	93,14	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	27,942
P01Z007Gab2	35,02	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,004
P01Z008Gab3	37,69	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,538
P01Z009Gab4	58,41	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	11,682
P01Z010Gab5	58,59	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	17,577
P01Z011Corredor	199,78	Espaços interiores	0,05	9,989
P01Z012Gab6	29,29	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,858

Compartimento	Volume [m³]	Tipos de permeabilidade e exposição ao espaço	Infiltração de ar [rph]	Qinfiltração [m³/h]
P01Z013Gab7	28,61	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,722
P01Z014Gab8	35,24	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,048
P01Z015Gab9	24,39	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,878
P01Z016Gab10	37,01	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,402
P01Z017Vacinaçao	36,68	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,336
P01Z018ServSociais	34,27	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,854
P01Z019ISP1	8,9	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	1,78
P01Z020Copa	46,8	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	9,36
P01Z021Gab11	38,91	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,782
P01Z022Gab12	50,66	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	10,132
P01Z023Gab13	36,35	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,27
P01Z024Gab14	26,48	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	5,296
P01Z025Gab15	32,17	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	6,434
P01Z026SalaTratam	89,28	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	26,784
P01Z027Gab16	36,78	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,356
P01Z028Arrumos	16,72	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	3,344
P01Z029Gab17	39,71	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	7,942
P01Z030Armazem	21,61	Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,2	4,322
P01Z031SalaEspera	101,02	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	30,306
P01Z032ISP2	7,88	Espaços interiores	0,05	0,394
P01Z033Gab18	40,44	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	12,132
P01D001Desvao	647,53	Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,3	194,259
Total [m³/h]				1019,3625

ANEXO 8 – CARATERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Tabela 74 - Caraterísticas dos sistemas de iluminação

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
PT	40,6	SALA TÉCNICA (CENTROS DE DADOS, FOTOCÓPIAS E SIMILARES)	-	300	390	SR	150,8	3,71	1,24	2,1	SR	150,8	255,78
ArrumosA	8,8	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	19,8	2,25	1,13	2,1	SR	19,8	36,96
ArrumosB	8,3	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	93,6	11,28	5,64	2,1	SR	93,6	34,86
Servidor	8,6	SALA TÉCNICA (CENTROS DE DADOS, FOTOCÓPIAS E SIMILARES)	-	300	390	SR	93,6	10,88	3,63	2,1	SR	93,6	54,18
ArrumosC	15,7	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	187,2	11,92	5,96	2,1	SR	187,2	65,94
ArrumosD	22,5	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	234	10,40	5,20	2,1	SR	234	94,5
Hall	33,4	HALL/ ENTRADA	-	200	260	SR	140,4	4,20	2,10	2,3	SR	140,4	153,64
Aprovisionamento	8,3	ARMAZÉM	-	200	260	SR	150,8	18,17	9,08	2,1	SR	150,8	34,86
Circulacao	41,5	CORREDOR	-	100	130	SR	187,2	4,51	4,51	2,3	SR	187,2	95,45
GabA	15,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	145,6	9,64	1,93	1,5	SR	145,6	113,25

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
GabB	13,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	6,78	1,36	1,5	SR	93,6	103,5
Fisioterapia	36,7	POLIDESPORTIVOS/ GINÁSIO E SIMILARES	-	300	390	SR	436,8	11,90	3,97	2,1	SR	436,8	231,21
ApoioFisio	8,6	SALA DE TRABALHO DE APOIO	-	200	260	SR	145,6	16,93	8,47	1,3	SR	145,6	22,36
GabC	12,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	291,2	24,07	4,81	1,5	SR	291,2	90,75
ISH	10	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	153	15,30	7,65	2,3	SR	153	46
ISM	11,9	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	153	12,86	6,43	2,3	SR	153	54,74
GabD	19,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	9,75	1,95	1,5	SR	187,2	144
SaidaExt	3,3	HALL/ ENTRADA	-	200	260	SR	46,8	14,18	7,09	2,3	SR	46,8	15,18
Entrada	64,2	HALL/ ENTRADA	-	200	260	SR	374,4	5,83	2,92	2,3	SR	374,4	295,32
ISFraldario	17,6	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	226,8	12,89	6,44	2,3	SR	226,8	80,96
EspInfantil	29,7	SALA DE ESPERA	-	500	650	SR	748,8	25,21	5,04	2,3	SR	748,8	341,55
Corredor2	67,7	CORREDOR	-	100	130	SR	426,4	6,30	6,30	2,3	SR	426,4	155,71
Gab1	9,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	19,10	3,82	1,5	SR	187,2	73,5
Gab2	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,98	3,00	1,5	SR	187,2	93,75
Gab3	11,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	8,07	1,61	1,5	SR	93,6	87
Gab4	16,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	374,4	23,25	4,65	1,5	SR	374,4	120,75

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
Gab5	11,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	16,00	3,20	1,5	SR	187,2	87,75
Gab6	15,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	12,08	2,42	1,5	SR	187,2	116,25
Gab7	9,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	9,85	1,97	1,5	SR	93,6	71,25
Gab8	13	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,40	2,88	1,5	SR	187,2	97,5
Gab9	17,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	10,46	2,09	1,5	SR	187,2	134,25
Gab10	13,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,47	2,69	1,5	SR	187,2	104,25
Copa	19,4	COZINHA	-	500	650	SR	187,2	9,65	1,93	2,1	SR	187,2	203,7
ISP	3,1	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	19,8	6,39	3,19	2,3	SR	19,8	14,26
Gab11	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,98	3,00	1,5	SR	187,2	93,75
Gab12	14,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	12,65	2,53	1,5	SR	187,2	111
Gab13	13,3	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	280,8	21,11	4,22	1,5	SR	280,8	99,75
Gab14	14,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	12,65	2,53	1,5	SR	187,2	111
Gab15	19,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	9,55	1,91	1,5	SR	187,2	147
Corredor1	46,1	CORREDOR	-	100	130	SR	296,4	6,43	6,43	2,3	SR	296,4	106,03

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
Resíduos	4,3	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	93,6	21,77	10,88	2,1	SR	93,6	18,06
BackOffice	14,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,00	2,60	1,5	SR	187,2	108
Gab16	13,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,66	2,73	1,5	SR	187,2	102,75
Gab17	13,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,97	2,79	1,5	SR	187,2	100,5
Gab18	13,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,87	2,77	1,5	SR	187,2	101,25
Gab19	11,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	8,43	1,69	1,5	SR	93,6	83,25
Gab20	11,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	8,43	1,69	1,5	SR	93,6	83,25
SalaTratam	41,3	SALA DE EXAMES/ TRATAMENTO	-	1000	1300	SR	559	13,54	1,35	1,5	SR	559	619,5
Farmácia	7,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	72,8	9,45	1,89	1,5	SR	72,8	57,75
SalaEsp	44,9	SALA DE ESPERA	-	500	650	SR	546	12,16	2,43	2,3	SR	546	516,35
Entrada	5,9	HALL/ ENTRADA	-	200	260	SR	46,8	7,93	3,97	2,3	SR	46,8	27,14
Hall	34,6	HALL/ ENTRADA	-	200	260	SR	394,2	11,39	5,70	2,3	SR	394,2	159,16
ISM1	8,6	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	133,2	15,49	7,74	2,3	SR	133,2	39,56
ISH1	8,3	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	133,2	16,05	8,02	2,3	SR	133,2	38,18
Receção	90,9	SALA DE ESPERA	-	500	650	SR	561,6	6,18	1,24	2,3	SR	561,6	1045,35
Gab1	10,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	17,83	3,57	1,5	SR	187,2	78,75
SalaReunioes	33,3	SALA DE REUNIÃO	-	200	260	SR	468	14,05	7,03	2,3	SR	468	153,18

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
Gab2	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,98	3,00	1,5	SR	187,2	93,75
Gab3	13,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,87	2,77	1,5	SR	187,2	101,25
Gab4	20,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	280,8	13,44	2,69	1,5	SR	280,8	156,75
Gab5	20,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	280,8	13,44	2,69	1,5	SR	280,8	156,75
Corredor	71,3	CORREDOR	-	100	130	SR	491,4	6,89	6,89	2,3	SR	491,4	163,99
Gab6	10,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	17,83	3,57	1,5	SR	187,2	78,75
Gab7	10,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	18,35	3,67	1,5	SR	187,2	76,5
Gab8	12,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,86	2,97	1,5	SR	187,2	94,5
Gab9	8,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	21,52	4,30	1,5	SR	187,2	65,25
Gab10	13,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,18	2,84	1,5	SR	187,2	99
Vacinação	13,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	7,15	1,43	1,5	SR	93,6	98,25
ServSociais	12,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	7,67	1,53	1,5	SR	93,6	91,5
ISP1	3,2	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	39,6	12,38	6,19	2,3	SR	39,6	14,72
Copa	16,7	COZINHA	-	500	650	SR	280,8	16,81	3,36	2,1	SR	280,8	175,35

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência iluminação fixa PV (W)	Potência iluminação fixa RF (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência instalada (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/ 100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI		
									DPI100lux	DPI100luxmax			
Gab11	13,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	301,6	21,70	4,34	1,5	SR	301,6	104,25
Gab12	18,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	10,34	2,07	1,5	SR	187,2	135,75
Gab13	13	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,40	2,88	1,5	SR	187,2	97,5
Gab14	9,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	93,6	9,85	1,97	1,5	SR	93,6	71,25
Gab15	11,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	16,28	3,26	1,5	SR	187,2	86,25
SalaTratam	31,9	SALA DE EXAMES/ TRATAMENTO	-	1000	1300	SR	468	14,67	1,47	1,5	SR	468	478,5
Gab16	13,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	14,29	2,86	1,5	SR	187,2	98,25
Arrumos	6	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	-	200	260	SR	46,8	7,80	3,90	2,1	SR	46,8	25,2
Gab17	14,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	187,2	13,18	2,64	1,5	SR	187,2	106,5
Armazém	7,7	ARMAZÉM	-	200	260	SR	93,6	12,16	6,08	2,1	SR	93,6	32,34
SalaEspera	36,1	SALA DE ESPERA	-	500	650	SR	280,8	7,78	1,56	2,3	SR	280,8	415,15
ISP2	2,8	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	-	200	260	SR	23,4	8,36	4,18	2,3	SR	23,4	12,88
Gab18	14,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	-	500	650	SR	280,8	19,50	3,90	1,5	SR	280,8	108
Desvão	685,4	-	-	0	0	SR	0	0,00	0,00	0	SR	0	0

*SR – Sem requisitos

ANEXO 9 - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS INTERIORES

A distribuição dos equipamentos elétricos existentes no centro de saúde é apresentada na Tabela 75, juntamente com a densidade de potência respetiva para cada espaço.

Tabela 75 - Características dos sistemas de iluminação

			EE1	EE2	EE3	EE4	EE5	EE6	EE7	EE8	EE9	Potência Total [W]	Densidade de Potência [W/m²]
		Equipamentos	PC	SERVIDOR	VENDING	TV	MICROONDAS	IMPRESSORA	MAQ CAFÉ 3	MONITOR PC	FRIGORIFICO		
		Potência equipamento (W)	150	500	300	110	1150	14	950	50	120		
		Contagem	60	18	2	4	3	57	2	58	2		
Compartimento	Área [m²]	Potência (W)	9000	9000	600	440	3450	798	1900	2900	240		
PM1B004Servidor	8,6		3	18						1		9500	1104,65
PM1Z002Aprovisionamento	8,3		3					3		3		642	77,35
PM1Z004GabA	15,1		1					1		1		214	14,17
PM1Z005GabB	13,8		1					1		1		214	15,51
PM1Z006Fisioterapia	36,7		1					1		1		214	5,83
PM1Z008GabC	12,1		1					1		1		214	17,69
PM1Z011GabD	19,2		1					1		1		214	11,15
P00Z001Entrada	64,2				2							600	9,35
P00Z003EspInfantil	29,7					1						110	3,70
P00Z005Gab1	9,8		1					1		1		214	21,84
P00Z006Gab2	12,5		1					1		1		214	17,12
P00Z007Gab3	11,6		1					1		1		214	18,45
P00Z008Gab4	16,1		1					1		1		214	13,29
P00Z009Gab5	11,7		1					1		1		214	18,29
P00Z010Gab6	15,5		1					1		1		214	13,81

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Área [m²]	Potência (W)	EE1	EE2	EE3	EE4	EE5	EE6	EE7	EE8	EE9	Potência Total [W]	Densidade de Potência [W/m²]
			Equipamentos	PC	SERVIDOR	VENDING	TV	MICROONDAS	IMPRESSORA	MAQ CAFÉ 3	MONITOR PC	FRIGORIFICO	
			Potência equipamento (W)	150	500	300	110	1150	14	950	50	120	
			Contagem	60	18	2	4	3	57	2	58	2	
		Potência (W)	9000	9000	600	440	3450	798	1900	2900	240		
			1					1		1		214	22,53
			1					1		1		214	16,46
			1					1		1		214	11,96
			1					1		1		214	15,40
							2		1		1	3370	173,71
			1					1		1		214	17,12
			1					1		1		214	14,46
			1					1		1		214	16,09
			1					1		1		214	14,46
			1					1		1		214	10,92
			1					1		1		214	14,86
			1					1		1		214	15,62
			1					1		1		214	15,97
			1					1		1		214	15,85
			1					1		1		214	19,28
			1					1		1		214	19,28
			1					1		1		214	5,18
			3			1		3		3		752	16,75
						1						110	1,21
			1					1		1		214	20,38
			3					3		3		642	19,28
			1					1		1		214	17,12

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

			EE1	EE2	EE3	EE4	EE5	EE6	EE7	EE8	EE9	Potência Total [W]	Densidade de Potência [W/m²]
		Equipamentos	PC	SERVIDOR	VENDING	TV	MICROONDAS	IMPRESSORA	MAQ CAFÉ 3	MONITOR PC	FRIGORIFICO		
		Potência equipamento (W)	150	500	300	110	1150	14	950	50	120		
		Contagem	60	18	2	4	3	57	2	58	2		
Compartimento	Área [m²]	Potência (W)	9000	9000	600	440	3450	798	1900	2900	240		
P01Z008Gab3	13,5		1					1		1		214	15,85
P01Z009Gab4	20,9		1					1		1		214	10,24
P01Z010Gab5	20,9		1					1		1		214	10,24
P01Z012Gab6	10,5		1					1		1		214	20,38
P01Z013Gab7	10,2		1					1		1		214	20,98
P01Z014Gab8	12,6		1					1		1		214	16,98
P01Z015Gab9	8,7		1					1		1		214	24,60
P01Z016Gab10	13,2		1					1		1		214	16,21
P01Z017Vacinacao	13,1		1					1		1		214	16,34
P01Z018ServSociais	12,2		1					1		1		214	17,54
P01Z020Copa	16,7						1		1		1	2220	132,93
P01Z021Gab11	13,9		1					1		1		214	15,40
P01Z022Gab12	18,1		1					1		1		214	11,82
P01Z023Gab13	13		1					1		1		214	16,46
P01Z024Gab14	9,5		1					1		1		214	22,53
P01Z025Gab15	11,5		1					1		1		214	18,61
P01Z026SalaTratam	31,9		1					1		1		214	6,71
P01Z027Gab16	13,1		1					1		1		214	16,34
P01Z029Gab17	14,2	1					1		1		214	15,07	
P01Z031SalaEspera	36,1				1						110	3,05	
P01Z033Gab18	14,4	1						1		1		214	14,86

* EE – Equipamento elétrico

ANEXO 10 - DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE AR NOVO PREVISTO E DE REFERÊNCIA

Tabela 76 - Determinação dos caudais de ar novo previsto e de referência

Compartimento	Ocupação	Tipo de atividade (metabólica)	Método Prescritivo				Caudal PV (m3/h)	Caudal RF (m3/h)	Caudal PV (m3/s)	Caudal RF (m3/s)
			Critério do edifício (m3/h)	Critério de ocupação (m3/h)	Caudal de ar QAN (m3/h)	Caudal de ar/ev QANf (m3/h)				
PM1B001PT	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1B002ArrumosA	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1B003ArrumosB	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1B004Servidor	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1B005ArrumosC	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1B006ArrumosD	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z001Hall	3	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z002Aprovisionamento	1	Sedentária	24,9	24	25	31,13	24,9	30	0,0069	0,0083
PM1Z003Circulacao	2	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z004GabA	3	Sedentária	45,3	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
PM1Z005GabB	3	Sedentária	41,4	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
PM1Z006Fisioterapia	6	Moderada	110,1	210	210	262,5	210	262,5	0,0583	0,0729
PM1Z007ApoioFisio	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z008GabC	3	Sedentária	36,3	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
PM1Z009ISH	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z010ISM	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
PM1Z011GabD	3	Sedentária	57,6	72	72	90	57,6	60	0,0160	0,0167
PM1Z012SaidaExt	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000

Compartimento	Ocupação	Tipo de atividade (metabólica)	Método Prescritivo				Caudal PV (m3/h)	Caudal RF (m3/h)	Caudal PV (m3/s)	Caudal RF (m3/s)
			Critério do edifício (m3/h)	Critério de ocupação (m3/h)	Caudal de ar QAN (m3/h)	Caudal de ar/ev QANf (m3/h)				
P00Z001Entrada	5	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z002ISFaldario	2	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z003EspInfantil	15	Descanso	89,1	300	300	375	220	275	0,0611	0,0764
P00Z004Corredor2	5	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z005Gab1	3	Sedentária	29,4	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z006Gab2	3	Sedentária	37,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z007Gab3	3	Sedentária	34,8	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z008Gab4	3	Sedentária	48,3	72	72	90	48,3	60	0,0134	0,0167
P00Z009Gab5	3	Sedentária	35,1	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z010Gab6	3	Sedentária	46,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z011Gab7	3	Sedentária	28,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z012Gab8	3	Sedentária	39	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z013Gab9	3	Sedentária	53,7	72	72	90	53,7	60	0,0149	0,0167
P00Z014Gab10	3	Sedentária	41,7	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z015Copa	6	Sedentária	58,2	144	144	180	144	180	0,0400	0,0500
P00Z016ISP	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z017Gab11	3	Sedentária	37,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z018Gab12	3	Sedentária	44,4	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z019Gab13	3	Sedentária	39,9	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z020Gab14	3	Sedentária	44,4	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z021Gab15	3	Sedentária	58,8	72	72	90	58,8	60	0,0163	0,0167
P00Z022Corredor1	5	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z023Resíduos	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P00Z024BackOffice	3	Sedentária	43,2	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z025Gab16	3	Sedentária	41,1	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167

Compartimento	Ocupação	Tipo de atividade (metabólica)	Método Prescritivo				Caudal PV (m3/h)	Caudal RF (m3/h)	Caudal PV (m3/s)	Caudal RF (m3/s)
			Critério do edifício (m3/h)	Critério de ocupação (m3/h)	Caudal de ar QAN (m3/h)	Caudal de ar/ev QANf (m3/h)				
P00Z026Gab17	3	Sedentária	40,2	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z027Gab18	3	Sedentária	40,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z028Gab19	3	Sedentária	33,3	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z029Gab20	3	Sedentária	33,3	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P00Z030SalaTratam	8	Sedentária	123,9	192	192	240	192	240	0,0533	0,0667
P00Z031Farmacia	1	Sedentária	38,5	24	39	48,13	38,5	30	0,0107	0,0083
P00Z032SalaEsp	22	Descanso	134,7	440	440	550	500	625	0,1389	0,1736
P01B001Entrada	0	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z001Hall	4	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z002ISM1	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z003ISH1	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z004Rececao	45	Descanso	272,7	900	900	1125	500	625	0,1389	0,1736
P01Z005Gab1	3	Sedentária	31,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z006SalaReunioes	12	Sedentária	99,9	288	288	360	288	360	0,0800	0,1000
P01Z007Gab2	3	Sedentária	37,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z008Gab3	3	Sedentária	40,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z009Gab4	3	Sedentária	62,7	72	72	90	62,7	60	0,0174	0,0167
P01Z010Gab5	3	Sedentária	62,7	72	72	90	62,7	60	0,0174	0,0167
P01Z011Corredor	6	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z012Gab6	3	Sedentária	31,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z013Gab7	3	Sedentária	30,6	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z014Gab8	3	Sedentária	37,8	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z015Gab9	3	Sedentária	26,1	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z016Gab10	3	Sedentária	39,6	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z017Vacinao	2	Sedentária	39,3	48	48	60	48	60	0,0133	0,0167

Compartimento	Ocupação	Tipo de atividade (metabólica)	Método Prescritivo				Caudal PV (m3/h)	Caudal RF (m3/h)	Caudal PV (m3/s)	Caudal RF (m3/s)
			Critério do edifício (m3/h)	Critério de ocupação (m3/h)	Caudal de ar QAN (m3/h)	Caudal de ar/ev QANf (m3/h)				
P01Z018ServSociais	2	Sedentária	36,6	48	48	60	48	60	0,0133	0,0167
P01Z019ISP1	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z020Copa	6	Sedentária	50,1	144	144	180	144	180	0,0400	0,0500
P01Z021Gab11	3	Sedentária	41,7	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z022Gab12	3	Sedentária	54,3	72	72	90	54,3	60	0,0151	0,0167
P01Z023Gab13	3	Sedentária	39	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z024Gab14	3	Sedentária	28,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z025Gab15	3	Sedentária	34,5	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z026SalaTratam	4	Sedentária	95,7	96	96	120	96	120	0,0267	0,0333
P01Z027Gab16	3	Sedentária	39,3	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z028Arrumos	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z029Gab17	3	Sedentária	42,6	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01Z030Armazem	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z031SalaEspera	18	Descanso	108,3	360	360	450	220	275	0,0611	0,0764
P01Z032ISP2	1	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
P01Z033Gab18	3	Sedentária	43,2	72	72	90	48	60	0,0133	0,0167
P01D001Desvao	0	-	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000

ANEXO 11 - ESTUDO LUMINOTÉCNICO

PM1B002ArrumosA

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
6.0 W	8.80 m ²	0.68 W/m ² = 0.66 W/m ² /100lx (Sala)	103 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
1	FILLDAY	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

PM1B003ArrumosB

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
30.0 W	8.30 m ²	3.61 W/m ² = 1.69 W/m ² /100lx (Sala)	214 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1B004Servidor

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
30.0 W	8.60 m ²	3.49 W/m ² = 1.46 W/m ² /100lx (Sala)	238 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1B005ArrumosC

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
60.0 W	15.70 m ²	3.82 W/m ² = 1.21 W/m ² /100lx (Sala)	315 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1B006ArrumosD

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
90.0 W	22.50 m ²	4.0 W/m ² = 1.26 W/m ² /100lx (Sala)	317 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1Z001Hall

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
144.8 W	33.40 m ²	4.34 W/m ² = 0.92 W/m ² /100lx (Área)	471 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
4	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200 x 300 4000K	36.2 W	3599 lm

PM1Z002Aprovisionamento

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
44.0 W	8.30 m ²	5.30 W/m ² = 0.99 W/m ² /100lx (Sala)	534 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

PM1Z003Circulacao

Ptotal	ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
192.4 W	41.50 m²		4.63 W/m² = 3.26 W/m²/100lx (Sala)	142 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
4	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200 x 300 4000K	30.0 W	2999 lm
2	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200 x 300 4000K	36.2 W	3599 lm

PM1Z004GabA

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)		
88.0 W	15.10 m²	5.83 W/m² = 1.09 W/m²/100lx (Sala)	533 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

PM1Z005GabB

Ptotal 88.0 W		ASala 13.80 m²	Potência de ligação específica 6.38 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 510 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

PM1Z006Fisioterapia

Ptotal 180.0 W	ASala 36.70 m²	Potência de ligação específica 4.90 W/m² = 1.91 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 257 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
6	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1Z007ApoioFisio

Ptotal 60.0 W	ASala 8.60 m²	Potência de ligação específica 6.98 W/m² = 1.36 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 511 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

PM1Z008GabC

Ptotal 88.0 W	ASala 12.10 m²	Potência de ligação específica 7.27 W/m² = 1.34 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 541 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

PM1Z009ISH

Ptotal 44.0 W		ASala 10.00 m²	Potência de ligação específica 4.4 W/m² = 1.86 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 237 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	-	L8 - PARK SLIM 2x T8 LED 22W 1200mm	44.0 W	4646 lm

PM1Z010ISM

Ptotal 44.0 W	ASala 11.90 m²	Potência de ligação específica 3.69 W/m² = 1.74 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 212 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	-	L8 - PARK SLIM 2x T8 LED 22W 1200mm	44.0 W	4646 lm

PM1Z011GabD

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)		
90.0 W	19.20 m²	4.68 W/m² = 1.82 W/m²/100lx (Sala)	258 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P00Z001Entrada

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)		
320.0 W	64.20 m²	4.98 W/m² = 2.35 W/m²/100lx (Sala)	212 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
10	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	30.0 W	2999 lm
1	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	20.0 W	1999 lm

P00Z002ISFraldario

Cálculo de iluminação					
Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
48.0 W		17.60 m²		2.73 W/m² = 1.27 W/m²/100lx (Sala)	215 lx
Luminárias					
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	-	L8 - PARK SLIM 2x T8 LED 9W 1200mm	18.0 W	1728 lm
2	BLINK PRO	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

P00Z003EspInfantil

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
150.0 W		29.70 m²		5.05 W/m² = 0.90 W/m²/100lx (Sala)		564 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P		ΦLuminária
5	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W		3600 lm

P00Z004Corredor2

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
144.0 W		67.70 m²		2.13 W/m² = 1.67 W/m²/100lx (Sala)	127 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
9	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	16.0 W	1599 lm

P00Z005Gab1

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
60.0 W		9.80 m²		6.12 W/m² = 1.22 W/m²/100lx (Sala)		502 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P		ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W		3600 lm

P00Z006Gab2

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)
88.0 W		12.50 m²		7.04 W/m² = 1.35 W/m²/100lx (Sala)	520 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z007Gab3

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
30.0 W		11.60 m²		2.59 W/m² = 0.50 W/m²/100lx (Sala)		516 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P		ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W		3600 lm

P00Z008Gab4

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
176.0 W		16.1 m²	10,93 W/m² = 1.34 W/m²/100lx (Sala)	816 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
4	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z009Gab5

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica		Ēvertical (Plano de uso)	
88.0 W	11.7 m²	7.52 W/m² = 1.43 W/m²/100lx (Sala)		526 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P00Z010Gab6

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
88.0 W	15.5 m ²	5.68 W/m ² = 1.12 W/m ² /100lx (Sala)	507 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

P00Z011Gab7

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
44.0 W	9.5 m ²	4.49 W/m ² = 0.89 W/m ² /100lx (Sala)	507 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

P00Z012Gab8

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
88.0 W	13.0 m ²	6.77 W/m ² = 1.27 W/m ² /100lx (Sala)	531 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

P00Z013Gab9

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
60.0 W	17.90 m ²	3.35 W/m ² = 0.61 W/m ² /100lx (Sala)	554 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W
			P
			Φ _{Luminária}
			30.0 W
			3600 lm

P00Z014Gab10

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
88.0 W	13.9 m ²	6.33 W/m ² = 1.21 W/m ² /100lx (Sala)	524 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

P00Z015Copa

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
88.0 W	19.4 m ²	4.54 W/m ² = 0.74 W/m ² /100lx (Sala)	613 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

P00Z016ISP

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
6.0 W	3.1 m ²	1.94 W/m ² = 0.86 W/m ² /100lx (Sala)	226 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
1	BLINK PRO	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm
			P
			Φ _{Luminária}
			6.0 W
			800 lm

P00Z017Gab11

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
90.0 W	12.50 m ²	7.20 W/m ² = 1.28 W/m ² /100lx (Sala)	561 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W
			P
			Φ _{Luminária}
			30.0 W
			3600 lm

P00Z018Gab12

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
88.0 W	14.8 m ²	5.95 W/m ² = 1.15 W/m ² /100lx (Sala)	518 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			Φ _{Luminária}
			44.0 W
			4840 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P00Z019Gab13

Ptotal 88.0 W	ASala 13.3 m²	Potência de ligação específica 6.62 W/m² = 1.20 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 550 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z020Gab14

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)
88.0 W		14.8 m²		5.95 W/m² = 1.09 W/m²/100lx (Sala)	544 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z021Gab15

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica		Ēvertical (Plano de uso)	
132.0 W	19.60 m²	6.73 W/m² = 1.12 W/m²/100lx (Sala)		599 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z022Corredor1

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
160.0 W		46.10 m²	3.47 W/m² = 1.64 W/m²/100lx (Sala)	212 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
8	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	20.0 W	1999 lm

P00Z023Resíduos

06/2023					
Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
20.0 W		4.3 m²		4.65 W/m² = 1.83 W/m²/100lx (Sala)	254 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 10W	20.0 W	2200 lm

P00Z024BackOffice

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W		14.4 m²		6.11 W/m² = 1.13 W/m²/100lx (Sala)	540 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z025Gab16

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)
88.0 W		13.7 m²		6.42 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)	514 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z026Gab17

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)	
88.0 W		13.4 m²		6.57 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)		524 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo			P
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W			44.0 W
						4840 lm

P00Z027Gab18

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)		
88.0 W	13.5 m²	6.52 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)	522 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P00Z028Gab19

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
44.0 W	11.1 m²	3.96 W/m² = 0.62 W/m²/100lx (Sala)	640 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z029Sala20

Total		Sala		Potência de ligação específica	Vertical (Plano de uso)
44.0 W		11.1 m²		3.96 W/m² = 0.70 W/m²/100lx (Sala)	570 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z030SalaTratam

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
186.6 W	41.30 m²	4.52 W/m² = 0.99 W/m²/100lx (Sala)	457 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L2	GALAXY 1500MM LED 2 x 18.3W	36.6 W	4397 lm
5	BLINK PRO	L1	GALAXY 1500MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

P00Z031Farmácia

02/2021 - Armada					
Ptotal 44.0 W		ASala 7.70 m²		Potência de ligação específica 5.71 W/m² = 1.09 W/m²/100lx (Sala)	
				Ēvertical (Plano de uso) 523 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P00Z032SalaEsp

00200200300	
---	--

P01B001Entrada

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)	
20.0 W		5.90 m²	3.39 W/m² = 1.65 W/m²/100lx (Sala)	206 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 10W	20.0 W	2200 lm

P01Z001Hall

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
220.0 W		34.60 m²	6.36 W/m² = 1.73 m²/100lx (Sala)	368 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm
4	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	30.0 W	2999 lm
1	BLINK PRO	L4	GALAXY 600MM LED 2 x 6W	12.0 W	800 lm

P01Z002ISM1

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
32.0 W		8.60 m²	3.72 W/m² = 1.54 W/m²/100lx (Sala)	241 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 10W	20.0 W	2200 lm
2	FILLDAY	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

P01Z003ISH1

Ptotal		ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
32.0 W		8.30 m²	3.86 W/m² = 1.57 W/m²/100lx (Sala)	246 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 10W	20.0 W	2200 lm
2	FILLDAY	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P01Z004Rececao

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
300.0 W	90.90 m²	3.30 W/m² = 1.42 m²/100lx (Sala)	232 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
10	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K
			P
			ΦLuminária
			30.0 W
			2999 lm

P01Z005Gab1

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	10.50 m²	8.38 W/m² = 1.47 W/m²/100lx (Sala)	571 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z006SalaReunioes

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
264.0 W	33.30 m²	7.93 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)	635 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
6	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z007Gab2

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	12.50 m²	7.04 W/m² = 1.30 W/m²/100lx (Sala)	541 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z008Gab3

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	13.50 m²	6.52 W/m² = 1.25 W/m²/100lx (Sala)	520 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z009Gab4

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
132.0 W	20.90 m²	6.32 W/m² = 1.18 W/m²/100lx (Sala)	533 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z010Gab5

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
108.0 W	20.90 m²	5.17 W/m² = 1.13 W/m²/100lx (Sala)	457 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 10W
			P
			ΦLuminária
			20.0 W
			2200 lm
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

P01Z011Corredor

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
180.0 W	71.30 m²	2.52 W/m² = 2.02 m²/100lx (Sala)	125 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
10	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K
			P
			ΦLuminária
			16.0 W
			1599 lm
1	BLINK PRO	L4	GALAXY 600MM LED 2 x 10W
			P
			ΦLuminária
			20.0 W
			1999 lm

P01Z012Gab6

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	10.50 m²	8.38 W/m² = 1.46 W/m²/100lx (Sala)	576 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W
			P
			ΦLuminária
			44.0 W
			4840 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P01Z013Gab7

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
60.0 W	10.20 m²	5.88 W/m² = 1.11 W/m²/100lx (Sala)	529 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

P01Z014Gab8

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	12.60 m²	6.98 W/m² = 1.34 W/m²/100lx (Sala)	520 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z015Gab9

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	8.70 m²	10.11 W/m² = 1.26 W/m²/100lx (Sala)	804 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z016Gab10

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	13.20 m²	6.67 W/m² = 1.32 W/m²/100lx (Sala)	505 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z017Vacinacao

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	13.10 m²	6.72 W/m² = 1.32 W/m²/100lx (Sala)	507 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z018ServSociais

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
88.0 W	12.20 m²	7.21 W/m² = 1.30 W/m²/100lx (Sala)	556 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z019ISP1

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
6.0 W	3.20 m²	1.88 W/m² = 0.84 W/m²/100lx (Sala)	222 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
1	FILLDAY	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

P01Z020Copa

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
96.0 W	16.70 m²	5.75 W/m² = 1.14 W/m²/100lx (Sala)	504 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm
1	BLINK PRO	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

P01Z021Gab11

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)
96.0 W	13.90 m²	6.91 W/m² = 1.27 W/m²/100lx (Sala)	545 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	BLINK PRO	L2	GALAXY 1500MM LED 2 x 24W	48 W	5276 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P01Z022Gab12

Ptotal 88.0 W	ASala 18.10 m²	Potência de ligação específica 4.86 W/m² = 0.86 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 563 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z023Gab13

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ėvertical (Plano de uso)		
88.0 W	13.0 m²	6.77 W/m² = 1.27 W/m²/100lx (Sala)	534 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z024Gab14

Ptotal 60.0 W	ASala 9.50 m²	Potência de ligação específica 6.32 W/m² = 1.09 W/m²/100lx (Sala)		Ēvertical (Plano de uso) 579 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

P01Z025Gab15

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)		
88.0 W	11.50 m²	7.65 W/m² = 1.37 W/m²/100lx (Sala)	560 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z026SalaTratam

Ptotal 220.0 W	ASala 31.90 m²	Potência de ligação específica 6.90 W/m² = 1.31 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 528 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
5	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z027Gab16

Ptotal 88.0 W	ASala 13.10 m²	Potência de ligação específica 6.72 W/m² = 1.30 W/m²/100lx (Sala)	Ēvertical (Plano de uso) 517 lx		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W	4840 lm

P01Z028Arrumos

Ptotal	ASala	Potência de ligação específica		Ēvertical (Plano de uso)	
30.0 W	6.0 m²	5.0 W/m² = 2.21 W/m²/100lx (Sala)		226 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

P01Z029Gab17

Ptotal		ASala		Potência de ligação específica	Ēvertical (Plano de uso)	
88.0 W		14.20 m²		6.20 W/m² = 1.21 W/m²/100lx (Sala)		513 lx
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P		ΦLuminária
2	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 22W	44.0 W		4840 lm

P01Z030Armazem

Ptotal 30.0 W	ASala 7.70 m²	Potência de ligação específica 3.9 W/m² = 1.53 W/m²/100lx (Sala)		Ēvertical (Plano de uso) 255 lx	
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	ΦLuminária
1	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

P01Z031SalaEspera

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
180.0 W	36.10 m ²	4.99 W/m ² = 2.15 m ² /100lx (Sala)	232 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
6	BLINK PRO	L3	GALAXY LED BACKLITE 1200x300 4000K	30.0 W	2999 lm

P01Z032ISP2

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
12.0 W	2.80 m ²	4.29 W/m ² = 0.92 W/m ² /100lx (Sala)	468 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
2	FILLDAY	L7	RESIST A60 LED STANDARD E27 6W 800lm	6.0 W	800 lm

P01Z033Gab18

P _{total}	A _{sala}	Potência de ligação específica	Ē _{vertical} (Plano de uso)
90.0 W	14.40 m ²	6.25 W/m ² = 1.10 W/m ² /100lx (Sala)	567 lx

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
3	BLINK PRO	L1	GALAXY 1200MM LED 2 x 15W	30.0 W	3600 lm

ANEXO 12 - AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO NA MEDIDA DE MELHORIA COM OS REQUISITOS NORMATIVOS

A Tabela 77 apresenta a avaliação da conformidade do sistema de iluminação proposto na MM3 face aos requisitos normativos em vigor. Os espaços que não cumprem os critérios de iluminância, definidos na norma EN 12464-1, e/ou densidade de potência de iluminação máxima, por 100 lux (DPI_{inst}, 100lx, max), estabelecida na Portaria n.º 138-I/2021, encontram-se destacados a vermelho. Adicionalmente, os compartimentos PM1B001PT e PM1Z012SaidaExt não foram contemplados no estudo luminotécnico pré-existente. Assim, para estes espaços, seguiu-se a mesma abordagem utilizada para os espaços em incumprimento, adotando-se a potência máxima admissível como referência para o dimensionamento da iluminação.

Tabela 77 - Características do sistema de iluminação implementado na MM3

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
PM1B001PT	40,6	SALA TÉCNICA (CENTROS DE DADOS, FOTOCÓPIAS E SIMILARES)	-	300	390	-	-	3,71	1,24	2,1	-	255,78
PM1B002ArrumosA	8,8	ARRECAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	103	200	260	Não Cumpre	6	0,68	0,66	2,1	Cumpre	36,96
PM1B003ArrumosB	8,3	ARRECAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	214	200	260	Cumpre	30	3,61	1,69	2,1	Cumpre	30
PM1B004Servidor	8,6	SALA TÉCNICA (CENTROS DE DADOS, FOTOCÓPIAS E SIMILARES)	238	300	390	Não Cumpre	30	3,49	1,47	2,1	Cumpre	54,18

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
PM1B005ArrumosC	15,7	ARRECAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	315	200	260	Não Cumpre	60	3,82	1,21	2,1	Cumpre	65,94
PM1B006ArrumosD	22,5	ARRECAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	317	200	260	Não Cumpre	90	4,00	1,26	2,1	Cumpre	94,5
PM1Z001Hall	33,4	HALL/ ENTRADA	471	200	260	Não Cumpre	144,8	4,34	0,92	2,3	Cumpre	153,64
PM1Z002Aprovisionamento	8,3	ARMAZÉM	534	200	260	Não Cumpre	44	5,30	0,99	2,1	Cumpre	34,86
PM1Z003Circulacao	41,5	CORREDOR	142,2953824	100	130	Não Cumpre	192,4	4,64	3,26	2,3	Não Cumpre	95,45
PM1Z004GabA	15,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	533	500	650	Cumpre	88	5,83	1,09	1,5	Cumpre	88
PM1Z005GabB	13,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	510	500	650	Cumpre	88	6,38	1,25	1,5	Cumpre	88
PM1Z006Fisioterapia	36,7	POLIDESPORTIVOS/ GINÁSIO E SIMILARES	257	300	390	Não Cumpre	180	4,90	1,91	2,1	Cumpre	231,21
PM1Z007ApoioFisio	8,6	SALA DE TRABALHO DE APOIO	511	200	260	Não Cumpre	60	6,98	1,37	1,3	Não Cumpre	22,36
PM1Z008GabC	12,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	541	500	650	Cumpre	88	7,27	1,34	1,5	Cumpre	88
PM1Z009ISH	10	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	237	200	260	Cumpre	44	4,40	1,86	2,3	Cumpre	44
PM1Z010ISM	11,9	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	212	200	260	Cumpre	44	3,70	1,74	2,3	Cumpre	44
PM1Z011GabD	19,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	258	500	650	Não Cumpre	90	4,69	1,82	1,5	Não Cumpre	144

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
PM1Z012SaidaExt	3,3	HALL/ ENTRADA	-	200	260	-	-	14,18	7,09	2,3	-	15,18
P00Z001Entrada	64,2	HALL/ ENTRADA	212	200	260	Cumpre	320	4,98	2,35	2,3	Não Cumpre	295,32
P00Z002ISFaldario	17,6	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	214,7081545	200	260	Cumpre	48	2,73	1,27	2,3	Cumpre	48
P00Z003EspInfantil	29,7	SALA DE ESPERA	564	500	650	Cumpre	150	5,05	0,90	2,3	Cumpre	150
P00Z004Corredor2	67,7	CORREDOR	127	100	130	Cumpre	144	2,13	1,67	2,3	Cumpre	144
P00Z005Gab1	9,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	502	500	650	Cumpre	60	6,12	1,22	1,5	Cumpre	60
P00Z006Gab2	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	520	500	650	Cumpre	88	7,04	1,35	1,5	Cumpre	88
P00Z007Gab3	11,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	516	500	650	Cumpre	30	2,59	0,50	1,5	Cumpre	30
P00Z008Gab4	16,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	816	500	650	Não Cumpre	176	10,93	1,34	1,5	Cumpre	120,75
P00Z009Gab5	11,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	526	500	650	Cumpre	88	7,52	1,43	1,5	Cumpre	88
P00Z010Gab6	15,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	507	500	650	Cumpre	88	5,68	1,12	1,5	Cumpre	88
P00Z011Gab7	9,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	507	500	650	Cumpre	44	4,63	0,91	1,5	Cumpre	44
P00Z012Gab8	13	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	531	500	650	Cumpre	88	6,77	1,27	1,5	Cumpre	88

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
P00Z013Gab9	17,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	554	500	650	Cumpre	60	3,35	0,61	1,5	Cumpre	60
P00Z014Gab10	13,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	524	500	650	Cumpre	88	6,33	1,21	1,5	Cumpre	88
P00Z015Copa	19,4	COZINHA	613	500	650	Cumpre	88	4,54	0,74	2,1	Cumpre	88
P00Z016ISP	3,1	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	226	200	260	Cumpre	6	1,94	0,86	2,3	Cumpre	6
P00Z017Gab11	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	561	500	650	Cumpre	90	7,20	1,28	1,5	Cumpre	90
P00Z018Gab12	14,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	518	500	650	Cumpre	88	5,95	1,15	1,5	Cumpre	88
P00Z019Gab13	13,3	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	550	500	650	Cumpre	88	6,62	1,20	1,5	Cumpre	88
P00Z020Gab14	14,8	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	544	500	650	Cumpre	88	5,95	1,09	1,5	Cumpre	88
P00Z021Gab15	19,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	599	500	650	Cumpre	132	6,73	1,12	1,5	Cumpre	132
P00Z022Corredor1	46,1	CORREDOR	212	100	130	Não Cumpre	160	3,47	1,64	2,3	Cumpre	106,03
P00Z023Residuos	4,3	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	254	200	260	Cumpre	20	4,65	1,83	2,1	Cumpre	20
P00Z024BackOffice	14,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	540	500	650	Cumpre	88	6,11	1,13	1,5	Cumpre	88
P00Z025Gab16	13,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	514	500	650	Cumpre	88	6,42	1,25	1,5	Cumpre	88

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
P00Z026Gab17	13,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	524	500	650	Cumpre	88	6,57	1,25	1,5	Cumpre	88
P00Z027Gab18	13,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	522	500	650	Cumpre	88	6,52	1,25	1,5	Cumpre	88
P00Z028Gab19	11,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	640	500	650	Cumpre	44	3,96	0,62	1,5	Cumpre	44
P00Z029Gab20	11,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	570	500	650	Cumpre	44	3,96	0,70	1,5	Cumpre	44
P00Z030SalaTratam	41,3	SALA DE EXAMES/ TRATAMENTO	457,259542	1000	1300	Não Cumpre	186,6	4,52	0,99	1,5	Cumpre	619,5
P00Z031Farmacia	7,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	523	500	650	Cumpre	44	5,71	1,09	1,5	Cumpre	44
P00Z032SalaEsp	44,9	SALA DE ESPERA	212	500	650	Não Cumpre	219,6	4,89	2,31	2,3	Não Cumpre	516,35
P01B001Entrada	5,9	HALL/ ENTRADA	206	200	260	Cumpre	20	3,39	1,65	2,3	Cumpre	20
P01Z001Hall	34,6	HALL/ ENTRADA	367,7498559	200	260	Não Cumpre	220	6,36	1,73	2,3	Cumpre	159,16
P01Z002ISM1	8,6	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	241	200	260	Cumpre	32	3,72	1,54	2,3	Cumpre	32
P01Z003ISH1	8,3	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	246	200	260	Cumpre	32	3,86	1,57	2,3	Cumpre	32
P01Z004Rececao	90,9	SALA DE ESPERA	232	500	650	Não Cumpre	300	3,30	1,42	2,3	Cumpre	1045,35
P01Z005Gab1	10,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	571	500	650	Cumpre	88	8,38	1,47	1,5	Cumpre	88

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
P01Z006SalaReunioes	33,3	SALA DE REUNIÃO	635	200	260	Não Cumpre	264	7,93	1,25	2,3	Cumpre	153,18
P01Z007Gab2	12,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	541	500	650	Cumpre	88	7,04	1,30	1,5	Cumpre	88
P01Z008Gab3	13,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	520	500	650	Cumpre	88	6,52	1,25	1,5	Cumpre	88
P01Z009Gab4	20,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	533	500	650	Cumpre	132	6,32	1,18	1,5	Cumpre	132
P01Z010Gab5	20,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	457	500	650	Não Cumpre	108	5,17	1,13	1,5	Cumpre	156,75
P01Z011Corredor	71,3	CORREDOR	125,4689238	100	130	Cumpre	180	2,52	2,01	2,3	Cumpre	180
P01Z012Gab6	10,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	576	500	650	Cumpre	88	8,38	1,46	1,5	Cumpre	88
P01Z013Gab7	10,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	529	500	650	Cumpre	60	5,88	1,11	1,5	Cumpre	60
P01Z014Gab8	12,6	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	520	500	650	Cumpre	88	6,98	1,34	1,5	Cumpre	88
P01Z015Gab9	8,7	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	804	500	650	Não Cumpre	88	10,11	1,26	1,5	Cumpre	65,25
P01Z016Gab10	13,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	505	500	650	Cumpre	88	6,67	1,32	1,5	Cumpre	88
P01Z017Vacinaçao	13,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	507	500	650	Cumpre	88	6,72	1,32	1,5	Cumpre	88
P01Z018ServSociais	12,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	556	500	650	Cumpre	88	7,21	1,30	1,5	Cumpre	88

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI					Potência instalada (W)
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]		Verificação DPI	
									DPI100lux	DPI100luxmax		
P01Z019ISP1	3,2	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	222	200	260	Cumpre	6	1,88	0,84	2,3	Cumpre	6
P01Z020Copa	16,7	COZINHA	504	500	650	Cumpre	96	5,75	1,14	2,1	Cumpre	96
P01Z021Gab11	13,9	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	545	500	650	Cumpre	96	6,91	1,27	1,5	Cumpre	96
P01Z022Gab12	18,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	563	500	650	Cumpre	88	4,86	0,86	1,5	Cumpre	88
P01Z023Gab13	13	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	534	500	650	Cumpre	88	6,77	1,27	1,5	Cumpre	88
P01Z024Gab14	9,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	579	500	650	Cumpre	60	6,32	1,09	1,5	Cumpre	60
P01Z025Gab15	11,5	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	560	500	650	Cumpre	88	7,65	1,37	1,5	Cumpre	88
P01Z026SalaTratam	31,9	SALA DE EXAMES/ TRATAMENTO	528	1000	1300	Não Cumpre	220	6,90	1,31	1,5	Cumpre	478,5
P01Z027Gab16	13,1	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	517	500	650	Cumpre	88	6,72	1,30	1,5	Cumpre	88
P01Z028Arrumos	6	ARRECADAÇÃO E OUTROS LOCAIS DE ARMAZENAGEM	226	200	260	Cumpre	30	5,00	2,21	2,1	Não Cumpre	25,2
P01Z029Gab17	14,2	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	513	500	650	Cumpre	88	6,20	1,21	1,5	Cumpre	88
P01Z030Armazem	7,7	ARMAZÉM	255	200	260	Cumpre	30	3,90	1,53	2,1	Cumpre	30
P01Z031SalaEspera	36,1	SALA DE ESPERA	232	500	650	Não Cumpre	180	4,99	2,15	2,3	Cumpre	415,15

Avaliação da viabilidade de um GES chegar à categoria nZEB, recorrendo a ferramenta BIM

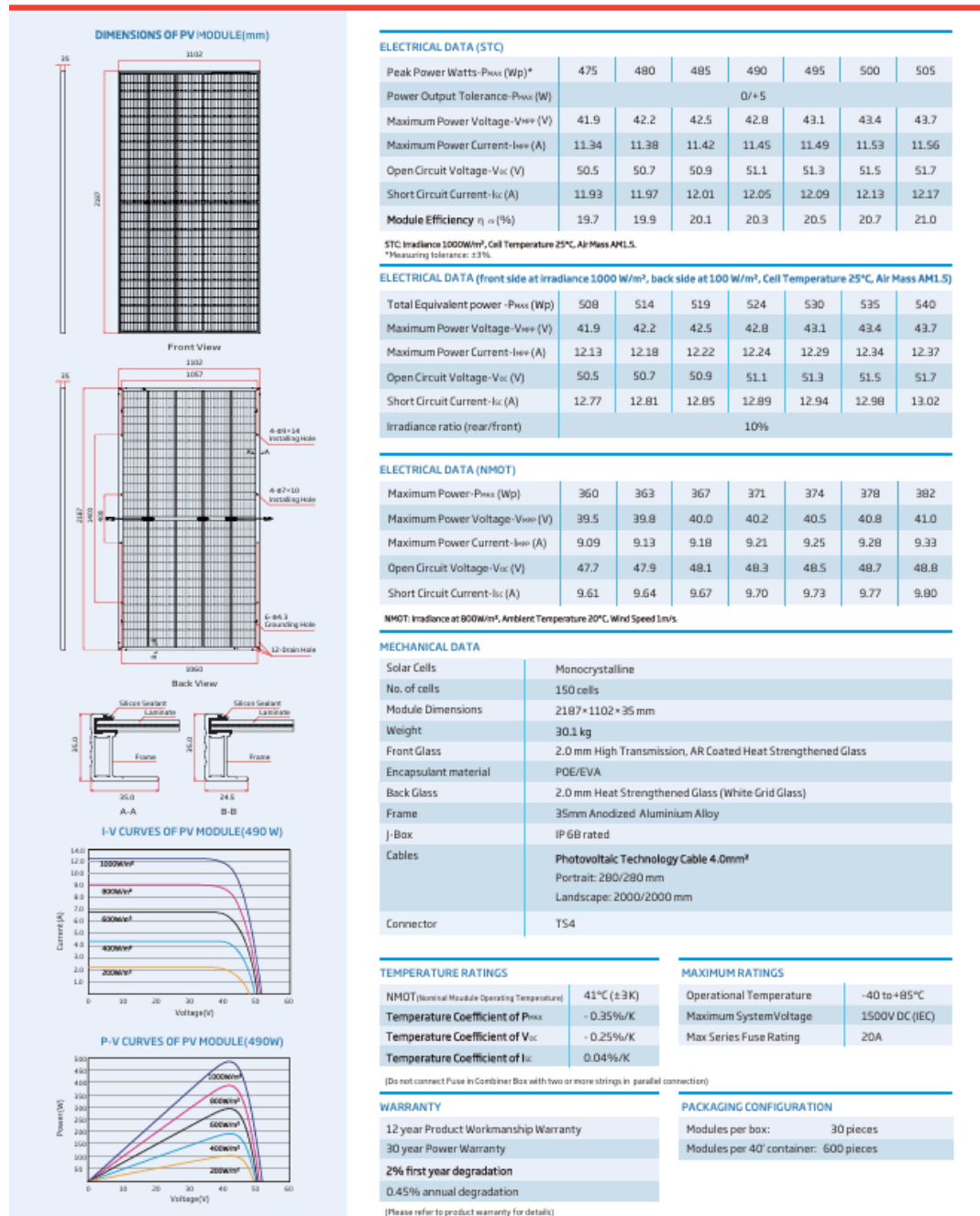
Compartimento	Área (m²)	Tipo de espaço segundo função	Iluminância (lux)				Densidade de Potência - DPI				Potência instalada (W)	
			Estudo luminotécnico	Requisito EN 12464-1	Requisito EN 12464-1 + 30%	Cumprimento	Potência (W)	DPIinst (W/m²)	DPI/100 LUX [(W/m²)/100lux]			Verificação DPI
									DPI100lux	DPI100luxmax		
P01Z032ISP2	2,8	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	468	200	260	Não Cumpre	12	4,29	0,92	2,3	Cumpre	12,88
P01Z033Gab18	14,4	ESCRITORIO INDIVIDUAL 1-6 PESSOAS	567	500	650	Cumpre	90	6,25	1,10	1,5	Cumpre	90
P01D001Desvao	685,4	-	-	0	0	-	0	0,00	0,00	0	-	-

ANEXO 13 – FICHA TÉCNICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

PROPOSTO



BIFACIAL DUAL GLASS | TSM-DEG18MC.20(II)



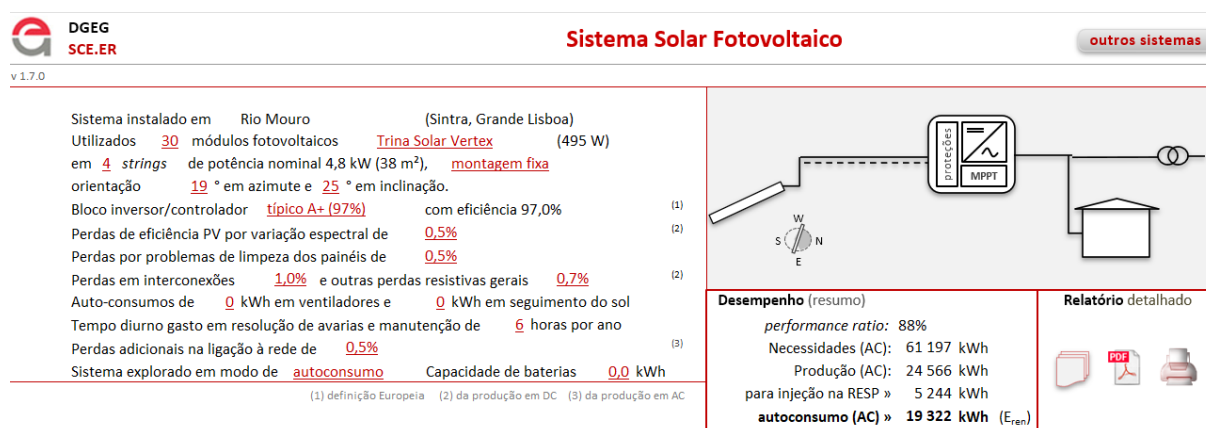
CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2020 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
Version number: TSM_EN_2020_A www.trinasolar.com

Figura 81 - Ficha técnica dos painéis solares TSM-DEG18MC.20(II)

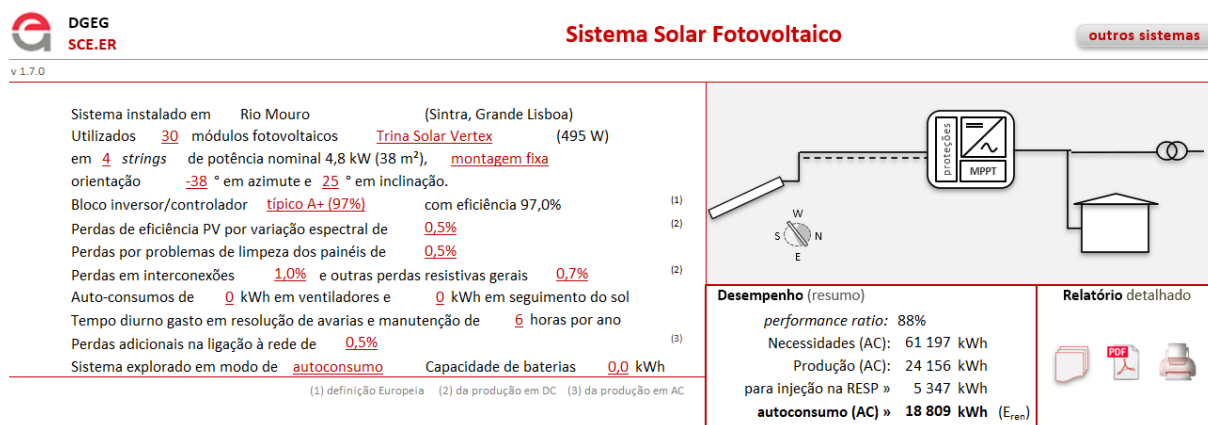
ANEXO 14 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA

A estimativa da produção do sistema fotovoltaico foi realizada com recurso à folha de cálculo SCE.ER, uma ferramenta disponibilizada pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE). Esta ferramenta permite simular o contributo da energia solar em regime de autoconsumo, com base nos dados técnicos dos módulos e no perfil de necessidades energéticas da instalação.

Atendendo às especificidades do sistema proposto no subcapítulo 6.1.4, procedeu-se à introdução dos dados técnicos do módulo fotovoltaico selecionado (Trina Solar, 495 W), de forma a refletir o seu desempenho previsto em condições reais de operação. Como o SCE.ER não permite simular múltiplas orientações em simultâneo, foram realizadas duas simulações independentes, cada uma correspondente a um subconjunto de 30 módulos, para as duas orientações definidas. As Figuras 82-a) e 82-b) apresentam a interface da ferramenta onde foram introduzidos os dados principais relativos à configuração e operação de cada grupo de painéis. Como o sistema não dispõe de baterias, a energia elétrica produzida é automaticamente consumida pelo edifício sempre que a potência gerada for inferior ou igual às suas necessidades instantâneas. Nos períodos em que a produção excede o consumo, o excedente é direcionado para a rede elétrica de serviço público (RESP), conforme previsto no regime de autoconsumo.



a)



b)

Figura 82 - a) Parametrização do sistema fotovoltaico com 30 módulos orientados a 19° de azimute e 25° de inclinação; b) Parametrização do sistema fotovoltaico com 30 módulos orientados a -38° de azimute e 25° de inclinação

Foi ainda necessário proceder à definição do modelo fotovoltaico na interface apresentada na Figura 83, uma vez que o equipamento em causa não se encontrava disponível na base de dados da folha de cálculo. Para tal, foram introduzidos manualmente os dados técnicos do painel Trina Solar TSM-DEG18MC.20(II), nomeadamente dimensões, tipo de material, estrutura e parâmetros de desempenho, conforme especificado na ficha técnica constante no Anexo 13.

Definição de novo modelo de módulo solar fotovoltaico

Marca e modelo: **Trina Solar**

Dimensões

Comprimento: **2,187** m Largura: **1,102** m

Tecnologia

Material: **Si** Estrutura: **crystalino**

Parâmetros técnicos

Nº de células: **150**

Voc: **51,3** V δVoc : **-0,25%** /K δVoc : **-128** mV/K

Isc: **12,09** A δIsc : **0,040%** /K δIsc : **4,84** mA/K

Vmpp: **43,1** V $\delta Pmax$: **-0,35%** /K $\delta Pmax$: **-1,73** W/K

Imp: **11,49** A NOCT: **41,0** °C

degradação máxima: **0,5%** /ano

Figura 83 - Introdução dos dados técnicos do módulo Trina Solar (495 W)

Para concluir a parametrização, foram introduzidas as necessidades energéticas apresentadas na Figura 84, onde é possível definir o perfil de consumo com base numa semana-tipo e fim de semana-tipo.

Definição de perfil de consumo elétrico

Consumo horário: segunda-feira a sexta-feira																								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	200	23	24
Potência (W)	2187	2187	2187	2187	2187	2036	1862	9660	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	7193	2187	2187	2187	2187

Consumo horário: fins de semana																								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Potência (W)	2187	2187	2187	2187	2187	2036	1860	1686	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1754	1905	2098	2187	2187	2187	2187

Ocupação mensal													Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
													on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on

Figura 84 - Parametrização do perfil de necessidades energéticas no SCE.ER

Para assegurar a correta afetação da produção estimada por subconjunto de módulos, as necessidades anuais foram divididas por dois, sendo atribuída metade da carga total a cada simulação. Os valores introduzidos foram obtidos a partir da simulação do edifício previsto no *DesignBuilder*, a partir da qual se determinou o consumo energético por hora do edifício durante o ano. Com base nesses dados, foi calculada a média das necessidades para cada hora de um dia útil e de um dia de fim de semana.

Antes da definição final dos perfis, foi ainda realizada uma simulação de teste, com o objetivo de ajustar a correspondência entre o valor de necessidades anuais calculado no SCE.ER e o obtido na simulação dinâmica do edifício.

ANEXO 15 - RELATÓRIOS DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Rio Mouro (Sintra)

72,3 m² de módulos Trina Solar Vertex

montagem fixa

com inclinação 25° e orientação 19°.

Potência: 14,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 138 447 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 26 994 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -725 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -915 kWh/ano

produção (AC): 24 566 kWh/ano

autoconsumo (AC): 19 322 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1649 kWh/kW instalado

aproveitado: 1297 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 32%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Sintra

Local: Rio Mouro

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 30 módulos Trina Solar Vertex (72,3 m²) com inclinação 25° e orientação 19°.

Potência nominal da instalação 14,9 kW; módulos organizados em 4 fileiras (strings). A tensão máxima é 172 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

4,6

6,4

9,6

14,2

15,9

19,2

21,4

17,3

13,7

7,5

5,6

3,3

11,6

kWh/m².dia

7,9

9,6

12,0

15,4

15,7

18,1

20,5

18,2

16,2

10,4

9,1

5,8

13,2

kWh/m².dia

7,7

9,4

11,8

15,2

15,4

17,7

20,1

17,8

15,9

10,2

8,9

5,7

13,0

kWh/m².dia

radiação solar global

no topo da atmosfera

na horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

16,1

21,3

28,4

35,2

39,8

41,7

40,6

36,8

30,7

23,6

17,5

14,5

28,9

kWh/m².dia

8,0

11,2

16,0

20,8

24,6

27,4

28,4

24,2

19,4

13,0

9,0

6,3

17,4

kWh/m².dia

11,9

15,0

19,0

22,5

24,5

26,3

27,7

25,4

22,4

16,6

13,1

9,4

19,5

kWh/m².dia

11,5

14,5

18,4

21,8

23,6

25,5

26,8

24,6

21,8

16,1

12,7

9,1

18,9

kWh/m².dia

Desempenho energético

temperatura

ambiente (média diária)

nos módulos (média diurna)

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

11

12

13

14

17

20

22

22

21

18

14

12

16

°C

33

32

36

35

38

41

47

50

51

45

42

34

40

°C

energia

radiação solar incidente

produção fotovoltaica (DC)

perdas do sistema (DC)

consumos parasíticos (AC)

outras perdas (AC)

produção disponível (AC)

necessidades do edifício (AC)

autoconsumo (AC)

acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

7 186

8 170

11 474

13 138

14 717

15 341

16 677

15 318

13 129

9 997

7 659

5 641

138 447

kWh

1 449

1 644

2 282

2 581

2 871

3 047

3 168

2 919

2 522

1 909

1 516

1 124

26 994

kWh

-39

-44

-61

-69

-77

-82

-85

-78

-68

-53

-41

-30

-725

kWh

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

kWh

-49

-56

-77

-88

-97

-103

-107

-99

-86

-67

-51

-38

-915

kWh

1 318

1 496

2 076

2 349

2 612

2 773

2 883

2 656

2 395

1 792

1 380

1 023

24 566

kWh

5 340

4 691

5 169

4 953

5 340

5 118

5 169

5 340

4 782

5 340

5 124

4 998

61 197

kWh

1 101

1 136

1 745

1 854

2 085

2 023

2 208

2 046

1 719

1 426

1 130

848

19 322

kWh

218

578

909

1 404

1 931

2 592

3 267

3 877

4 453

4 819

5 069

5 244

5 244

kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17%

da energia incidente

produtividade técnica

1649 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88%

(performance ratio)

i.e. 339 kWh/m² instalado

exploração real

1297 kWh/kW instalado

i.e. 267 kWh/m² instalado

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 14,9 kW

— deve ser menor que a potência contratada

24 566 kWh < 61 197 kWh

[produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 5 244 kWh

Figura 85 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute 19° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S e T

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Rio Mouro (Sintra)

72,3 m² de módulos Trina Solar Vertex

montagem fixa

com inclinação 25° e orientação -38°.

Potência: 14,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 135 567 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 26 545 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -713 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -900 kWh/ano

produção (AC): 24 156 kWh/ano

autoconsumo (AC): 18 809 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1562 kWh/kW instalado

aproveitamento: 1262 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 85% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 31%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Sintra

Local: Rio Mouro

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 30 módulos Trina Solar Vertex (72,3 m²) com inclinação 25° e orientação -38°.

Potência nominal da instalação 14,9 kW; módulos organizados em 4 fileiras (strings). A tensão máxima é 172 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

radiação solar global

no topo da atmosfera

na horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

4,6

6,4

9,6

14,2

15,9

19,2

21,4

17,3

13,7

7,5

5,6

3,3

11,6

kWh/m².dia

7,3

8,9

11,5

15,1

15,6

18,1

20,6

17,9

15,7

9,8

8,5

5,3

12,9

kWh/m².dia

7,1

8,7

11,3

14,9

15,4

17,8

20,2

17,6

15,4

9,6

8,3

5,2

12,6

kWh/m².dia

16,1

21,3

28,4

35,2

39,8

41,7

40,6

36,8

30,7

21,6

17,5

14,5

28,9

kWh/m².dia

8,0

11,2

16,0

20,8

24,6

27,4

28,4

24,2

19,4

13,0

9,0

6,3

17,4

kWh/m².dia

11,2

14,3

18,4

22,1

24,5

26,5

27,8

25,1

21,9

15,9

12,3

8,8

19,1

kWh/m².dia

10,8

13,8

17,9

21,5

23,7

25,7

27,0

24,4

21,2

15,3

11,9

8,5

18,5

kWh/m².dia

Desempenho energético

temperatura

ambiente (média diária)

nos módulos (média diurna)

energia

radiação solar incidente

produção fotovoltaica (DC)

perdas do sistema (DC)

consumos parasíticos (AC)

outras perdas (AC)

produção disponível (AC)

necessidades do edifício (AC)

autoconsumo (AC)

acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

11

12

13

14

17

20

22

22

21

18

14

12

16

°C

33

32

36

35

38

41

47

50

51

44

41

34

40

°C

6 724

7 754

11 120

12 956

14 751

15 468

16 798

15 192

12 800

9 549

7 187

5 268

135 567

kWh

1 361

1 567

2 214

2 555

2 895

3 096

3 218

2 909

2 465

1 884

1 431

1 050

26 545

kWh

-37

-42

-59

-69

-78

-83

-86

-78

-66

-51

-38

-28

-713

kWh

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

kWh

-46

-53

-75

-87

-98

-105

-109

-99

-84

-64

-49

-36

-900

kWh

1 239

1 426

2 015

2 325

2 634

2 817

2 928

2 647

2 244

1 714

1 302

955

24 156

kWh

5 340

4 691

5 169

4 953

5 340

5 118

5 369

5 340

4 782

5 340

5 124

4 998

61 197

kWh

1 038

1 086

1 686

1 809

2 058

2 018

2 199

2 008

1 665

1 365

1 070

797

18 809

kWh

201

541

870

1 186

1 952

2 663

3 390

4 029

4 608

4 957

5 189

5 347

5 347

kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente

rendimento relativo: 85% (performance ratio)

produtividade técnica: 1562 kWh/kW instalado

i.e. 321 kWh/m² instalado

exploração real: 1262 kWh/kW instalado

i.e. 260 kWh/m² instalado

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 14,9 kW

24 156 kWh < 61 197 kWh

Passível de remuneração: 5 347 kWh

= deve ser menor que a potência contratada

[produção anual < consumo anual]

Figura 86 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute -38° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S e T

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Rio Mouro (Sintra)

72,3 m² de módulos Trina Solar Vertex

montagem fixa

com inclinação 25° e orientação 19°.

Potência: 14,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 138 447 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 26 994 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -725 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -915 kWh/ano

produção (AC): 24 566 kWh/ano

autoconsumo (AC): 15 065 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1654 kWh/kW instalado

aproveitado: 1011 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 59%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Sintra

Local: Rio Mouro

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 30 módulos Trina Solar Vertex (72,3 m²) com inclinação 25° e orientação 19°.

Potência nominal da instalação 14,9 kW; módulos organizados em 4 fileiras (strings). A tensão máxima é 172 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

4,6

6,4

9,6

14,2

15,9

19,2

21,4

17,3

13,7

7,5

5,6

3,3

11,6 kWh/m².dia

7,9

9,6

12,0

15,4

15,7

18,1

20,5

18,2

16,2

10,4

9,1

5,8

13,2 kWh/m².dia

7,7

9,4

11,8

15,2

15,4

17,7

20,1

17,8

15,9

10,2

8,9

5,7

13,0 kWh/m².dia

radiação solar global

no topo da atmosfera

na horizontal (à superfície)

incidente nos módulos

absorvida pelos módulos

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

16,1

21,3

28,4

35,2

39,8

41,7

40,6

36,8

30,7

23,6

17,5

14,5

28,9 kWh/m².dia

8,0

11,2

16,0

20,8

24,6

27,4

28,4

24,2

19,4

13,0

9,0

6,3

17,4 kWh/m².dia

11,9

15,0

19,0

22,5

24,5

26,3

27,7

25,4

22,4

16,6

13,1

9,4

19,5 kWh/m².dia

11,5

14,5

18,4

21,8

23,6

25,5

26,8

24,6

21,8

16,1

12,7

9,1

18,9 kWh/m².dia

Desempenho energético

temperatura

ambiente (média diária)

nos módulos (média diurna)

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

11

12

13

14

17

20

22

22

21

18

14

12

16 °C

33

32

36

35

38

41

47

50

51

45

42

34

40 °C

energia

radiação solar incidente

produção fotovoltaica (DC)

perdas do sistema (DC)

consumos parasíticos (AC)

outras perdas (AC)

produção disponível (AC)

necessidades do edifício (AC)

autoconsumo (AC)

acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)

jan

fev

mar

abr

mai

jun

jul

ago

set

out

nov

dez

anual

7 186

8 170

11 474

13 138

14 717

15 341

16 677

15 318

13 129

9 997

7 659

5 641

138 447 kWh

1 449

1 644

2 282

2 581

2 871

3 047

3 168

2 919

2 522

1 969

1 516

1 124

26 994 kWh

-39

-44

-61

-69

-77

-82

-85

-78

-68

-53

-41

-30

-725 kWh

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0 kWh

-49

-56

-77

-88

-97

-103

-107

-99

-86

-67

-51

-38

-915 kWh

1 318

1 496

2 076

2 349

2 612

2 773

2 883

2 656

2 295

1 792

1 380

1 023

24 566 kWh

2 261

1 966

2 163

2 064

2 261

2 133

2 163

2 261

1 966

2 261

2 163

2 064

25 658 kWh

932

937

1 369

1 390

1 596

1 519

1 633

1 571

1 274

1 193

933

717

15 065 kWh

386

945

1 652

2 611

3 628

4 792

6 042

7 127

8 149

8 748

9 195

9 501

9 501 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17%

da energia incidente

produtividade técnica: 1654 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88%

(performance ratio)

i.e. 340 kWh/m² instalado

exploração real: 1011 kWh/kW instalado

i.e. 208 kWh/m² instalado

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 14,9 kW

24 566 kWh < 25 658 kWh

Passível de remuneração: 9 501 kWh

= deve ser menor que a potência contratada

[produção anual < consumo anual]

Figura 87 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute 19° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Rio Mouro (Sintra)

72,3 m² de módulos Trina Solar Vertex

montagem fixa

com inclinação 25° e orientação -38°.

Potência: 14,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 135 567 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 26 545 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -713 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -900 kWh/ano

produção (AC): 24 156 kWh/ano

autoconsumo (AC): 18 269 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1626 kWh/kW instalado

aproveitado: 1226 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 38%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Sintra

Local: Rio Mouro

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 30 módulos Trina Solar Vertex (72,3 m²) com inclinação 25° e orientação -38°.

Potência nominal da instalação 14,9 kW; módulos organizados em 4 fileiras (strings). A tensão máxima é 172 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

horizontal (à superfície) 4,6 6,4 9,6 14,2 15,9 19,2 21,4 17,3 13,7 7,5 5,6 3,3 11,6 kWh/m².dia

incidente nos módulos 7,3 8,9 11,5 15,1 15,6 18,1 20,6 17,9 15,7 9,8 8,5 5,3 12,9 kWh/m².dia

absorvida pelos módulos 7,1 8,7 11,3 14,9 15,4 17,8 20,2 17,6 15,4 9,6 8,3 5,2 12,6 kWh/m².dia

radiação solar global

no topo da atmosfera 16,1 21,3 28,4 35,2 39,8 41,7 40,6 36,8 30,7 23,6 17,5 14,5 28,9 kWh/m².dia

na horizontal (à superfície) 8,0 11,2 16,0 20,8 24,6 27,4 28,4 24,2 19,4 13,0 9,0 6,3 17,4 kWh/m².dia

incidente nos módulos 11,2 14,3 18,4 22,1 24,5 26,5 27,8 25,1 21,9 15,9 12,3 8,8 19,1 kWh/m².dia

absorvida pelos módulos 10,8 13,8 17,9 21,5 23,7 25,7 27,0 24,4 21,2 15,3 11,9 8,5 18,5 kWh/m².dia

Desempenho energético

temperatura

ambiente (média diária) 11 12 13 14 17 20 22 22 21 18 14 12 16 °C

nos módulos (média diária) 33 32 36 35 38 41 47 50 51 44 41 34 40 °C

energia

radiação solar incidente 6 724 7 754 11 120 12 956 14 751 15 468 16 798 15 192 12 800 9 549 7 187 5 268 135 567 kWh

produção fotovoltaica (DC) 1 361 1 567 2 214 2 555 2 895 3 096 3 218 2 909 2 465 1 884 1 431 1 050 26 545 kWh

perdas do sistema (DC) -37 -42 -59 -69 -78 -83 -86 -78 -66 -51 -38 -28 -713 kWh

consumos parasíticos (AC) 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 kWh

outras perdas (AC) -46 -53 -75 -87 -98 -105 -109 -99 -84 -64 -49 -36 -900 kWh

produção disponível (AC) 1 239 1 426 2 015 2 325 2 634 2 817 2 928 2 647 2 244 1 714 1 302 955 24 156 kWh

necessidades do edifício (AC) 4 227 3 713 4 091 3 920 4 227 4 051 4 091 4 227 3 785 4 227 4 055 3 956 48 439 kWh

autoconsumo (AC) 1 018 1 063 1 647 1 751 1 999 1 943 2 118 1 947 1 611 1 340 1 050 782 18 269 kWh

acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC) 220 583 951 1 526 2 161 2 945 3 755 4 455 5 087 5 461 5 713 5 887 5 887 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente

produtividade técnica 1626 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 334 kWh/m² instalado

exploração real 1226 kWh/kW instalado

i.e. 253 kWh/m² instalado

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 14,9 kW

24 156 kWh < 48 439 kWh

Passível de remuneração: 5 887 kWh

= deve ser menor que a potência contratada

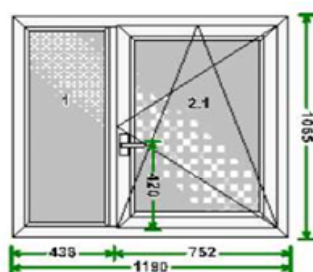
[produção anual < consumo anual]

Figura 88 - Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico com azimute -38° e inclinação 25°, para satisfação das necessidades do tipo S

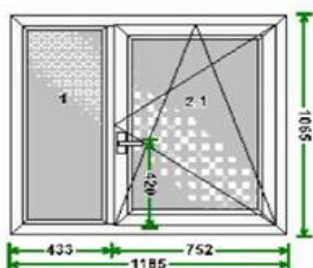
ANEXO 16 – FICHA TÉCNICA DO CONJUNTO VIDRO - CAIXILHARIA

PROPOSTO NA MEDIDA DE MELHORIA

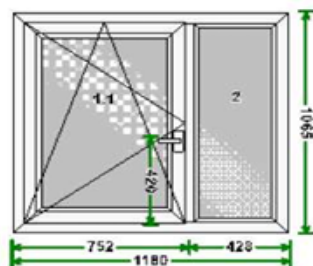
Neste anexo apresentam-se as fichas técnicas dos vãos envidraçados e respetivos caixilhos, fornecidas pelo fabricante (Figura 89). Para cada sistema é identificada a tipologia do vão, as dimensões, o tipo de abertura, e a composição do vidro. A nomenclatura do envidraçado, indica que este é formado por vidro duplo laminado, com 4mm de espessura da marca *Guardian Sun*, com uma câmara de ar de 16mm, e um vidro interior fosco. Esta informação é fundamental para a caracterização térmica e ótica dos vãos.



Janela 1F Oscilo-batente + Fixo
Vidro: 44.1 Guardian Sun / 16 / 4 Fosco



Janela 1F Oscilo-batente + Fixo
Vidro: 44.1 Guardian Sun / 16 / 4 Fosco

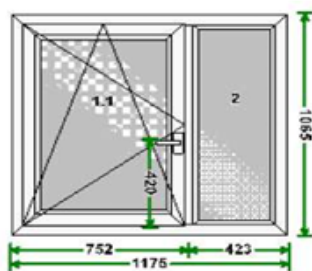


Janela 1F Osc. Batente + Fixo
Vidro: 44.1 Guardian Sun / 16 / 4 Fosco

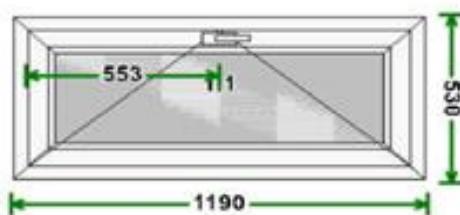
NÍVEL DE CONFORTO 	
JANELA Transmissão Térmica 1,59 (W/m².K)	VIDRO Fator Solar 0,41 Transmissão Luminosa 68 %
PERMEABILIDADE AO AR Classe 4 	ATENUAÇÃO ACÚSTICA 37 dB

NÍVEL DE CONFORTO 	
JANELA Transmissão Térmica 1,59 (W/m².K)	VIDRO Fator Solar 0,41 Transmissão Luminosa 68 %
PERMEABILIDADE AO AR Classe 4 	ATENUAÇÃO ACÚSTICA 37 dB

NÍVEL DE CONFORTO 	
JANELA Transmissão Térmica 1,59 (W/m².K)	VIDRO Fator Solar 0,41 Transmissão Luminosa 68 %
PERMEABILIDADE AO AR Classe 4 	ATENUAÇÃO ACÚSTICA 37 dB



Janela 1F Osc. Batente + Fixo
Vidro: 44.1 Guardian Sun / 16 / 4 Fosco



Janela 1F Basculante
Vidro: 44.1 Guardian Sun / 16 / 4 Fosco

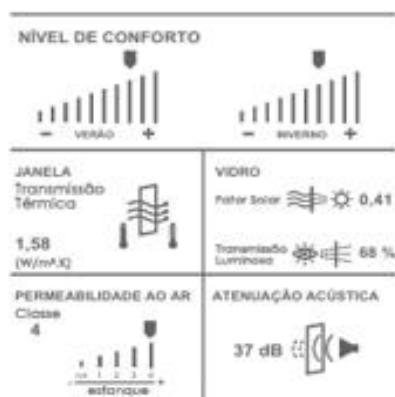
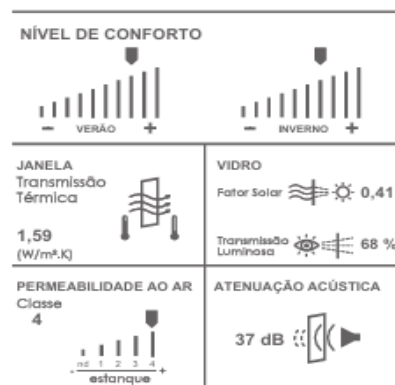


Figura 89 – Ficha técnica dos vãos envidraçados propostos na MM5

ANEXO 17 – FICHA TÉCNICA DA UNIDADE EXTERIOR DO SISTEMA

VRV

Technical data			MMY-AP3016FT8P-E
Capacity code	HP		30
Cooling capacity	kW	❄️	85,00
Power consumption (min./nom./max.)	kW	❄️	26,60
Energy efficiency EER	W/W	❄️	3,20
Energy efficiency SEER		❄️	5,67
Energy efficiency ESEER		❄️	7,75
Running current	A	❄️	41,73
Heating capacity	kW	🔥	85,00
Power consumption (min./nom./max.)	kW	🔥	22,70
Energy efficiency COP	W/W	🔥	3,74
Energy efficiency SCOP		🔥	3,54
Running current	A	🔥	35,61
Airflow	m³/h		17300+12200
External static pressure	Pa		40
Sound pressure level (low/med/high)	dB(A)	❄️	65,0
Sound pressure level (low/med/high)	dB(A)	🔥	66,5
Sound power level	dB(A)	❄️	85,5
Sound power level	dB(A)	🔥	87,0
Sound pressure level (night operation, @ 1m)	dB(A)	❄️	56,5
Compressor type			2x Twin-Rotary
Liquid pipe diameter	mm (inch)		22,2 (7/8)
Suction gas pipe diameter	mm (inch)		34,9 (1 3/8)
Hot gas pipe diameter	mm (inch)		28,6 (1 1/8)
Oil equalization pipe diameter	mm (inch)		9,5 (3/8)
Outdoor temperature operating range (min.-max.)	°C	❄️	-15 / +46
Outdoor temperature operating range (min.-max.)	°C	🔥	-25 / +25
Power supply	V/Ph+N/Hz		380-415/3+N/50
Current consumption (max.)	A		76,5
Connectable indoor units (max.)	Pce.		64
Pipe length (max.)	m		300
Height difference (max.)	m		90
Refrigerant			R410A
Refrigerant charge	kg		2x 11,00
Dimensions (HxWxD)	mm		1830 x 2830 x 780
Weight	kg		377+316

❄️ Cooling 🔥 Heating

Figura 90 - Ficha técnica da unidade exterior do VRV AP3016FT8P-E

ANEXO 18 – DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES INTERIORES DO SISTEMA VRV PELOS ESPAÇOS CLIMATIZADOS

Tabela 78 - Distribuição das unidades interiores VRV pelos espaços do edifício

Compartimento	Sistema Técnico	Modelo interior	Potência requerida [kW]	Potência instalada [kW]
PM1Z002Aprvsnmnt	VRV	UP0051HP-E	1,21	1,7
PM1Z004GabA	VRV	UP0031HP-E	0,79	0,9
PM1Z005GabB	VRV	UP0031HP-E	0,79	0,9
PM1Z006Fisioterapia	VRV	UP0091HP-E	2,61	2,8
PM1Z008GabC	VRV	UP0051HP-E	0,92	1,7
PM1Z011GabD	VRV	UP0031HP-E	0,8	0,9
P00Z003Esplnfantil	VRV	UP0091HP-E	2,31	2,8
P00Z005Gab1	VRV	UP0031HP-E	0,82	0,9
P00Z006Gab2	VRV	UP0031HP-E	0,88	0,9
P00Z007Gab3	VRV	UP0031HP-E	0,84	0,9
P00Z008Gab4	VRV	UP0051HP-E	1,27	1,7
P00Z009Gab5	VRV	UP0031HP-E	0,71	0,9
P00Z010Gab6	VRV	UP0051HP-E	1,17	1,7
P00Z011Gab7	VRV	UP0031HP-E	0,69	0,9
P00Z012Gab8	VRV	UP0051HP-E	0,93	1,7
P00Z013Gab9	VRV	UP0051HP-E	1,18	1,7
P00Z014Gab10	VRV	UP0051HP-E	1,2	1,7
P00Z015Copa	VRV	UP0181HP-E	4,83	5,6
P00Z017Gab11	VRV	UP0031HP-E	0,69	0,9
P00Z018Gab12	VRV	UP0031HP-E	0,88	0,9
P00Z019Gab13	VRV	UP0031HP-E	0,8	0,9
P00Z020Gab14	VRV	UP0031HP-E	0,86	0,9
P00Z021Gab15	VRV	UP0051HP-E	1,18	1,7
P00Z024BackOffice	VRV	UP0051HP-E	1,17	1,7
P00Z025Gab16	VRV	UP0031HP-E	0,79	0,9
P00Z026Gab17	VRV	UP0031HP-E	0,78	0,9
P00Z027Gab18	VRV	UP0031HP-E	0,77	0,9
P00Z028Gab19	VRV	UP0031HP-E	0,67	0,9
P00Z029Gab20	VRV	UP0031HP-E	0,67	0,9
P00Z030SalaTratam	VRV	UP0091HP-E	2,61	2,8
P00Z031Farmacia	VRV	UP0031HP-E	0,27	0,9
P00Z032SalaEsp	VRV	UP0181HP-E	5,31	5,6
P01Z004Rececao	VRV	UP0241HP-E	6,06	7,1
P01Z005Gab1	VRV	UP0051HP-E	1,17	1,7
P01Z006SalaReunioes	VRV	UP0151HP-E	4,26	4,5
P01Z007Gab2	VRV	UP0051HP-E	1,22	1,7
P01Z008Gab3	VRV	UP0051HP-E	1,2	1,7

Compartimento	Sistema Técnico	Modelo interior	Potência requerida [kW]	Potência instalada [kW]
P01Z009Gab4	VRV	UP0051HP-E	1,15	1,7
P01Z010Gab5	VRV	UP0051HP-E	1,29	1,7
P01Z012Gab6	VRV	UP0051HP-E	1,16	1,7
P01Z013Gab7	VRV	UP0031HP-E	0,87	0,9
P01Z014Gab8	VRV	UP0051HP-E	1,18	1,7
P01Z015Gab9	VRV	UP0031HP-E	0,85	0,9
P01Z016Gab10	VRV	UP0051HP-E	1,2	1,7
P01Z017Vacinacao	VRV	UP0051HP-E	1,21	1,7
P01Z018ServSociais	VRV	UP0031HP-E	0,8	0,9
P01Z020Copa	VRV	UP0151HP-E	3,87	4,5
P01Z021Gab11	VRV	UP0051HP-E	1,33	1,7
P01Z022Gab12	VRV	UP0051HP-E	1,21	1,7
P01Z023Gab13	VRV	UP0051HP-E	1,23	1,7
P01Z024Gab14	VRV	UP0031HP-E	0,73	0,9
P01Z025Gab15	VRV	UP0031HP-E	0,79	0,9
P01Z026SalaTratam	VRV	UP0091HP-E	2,62	2,8
P01Z027Gab16	VRV	UP0051HP-E	1,23	1,7
P01Z029Gab17	VRV	UP0051HP-E	1,26	1,7
P01Z031SalaEspera	VRV	UP0151HP-E	3,68	4,5
P01Z033Gab18	VRV	UP0051HP-E	1,26	1,7
Total			84,23	104,5