



MARIANA ALBERTO CLARO

Licenciada em Ciências de Engenharia Mecânica

ESTUDO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA TORNAR UMA MORADIA NUM NZEB

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2024

ESTUDO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA TORNAR UMA MORADIA NUM NZEB

MARIANA ALBERTO CLARO

Licenciada em Ciências de Engenharia Mecânica

Orientador: João Antero Nascimento dos Santos Cardoso,
Professor Auxiliar Convidado, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Daniel Cardoso Vaz,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Arguente: Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte,
Professor Adjunto, ISEL-IPL

Orientador: João Antero Nascimento dos Santos Cardoso,
Professor Auxiliar Convidado, FCT-NOVA

Estudo de Soluções Técnicas para tornar uma Moradia num NZEB

Copyright © Mariana Alberto Claro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de expressar o meu agradecimento ao Professor João Cardoso por toda a atenção, disponibilidade e ensinamentos transmitidos ao longo da realização desta dissertação.

Quero também agradecer ao Engenheiro Luís Maça e a toda a equipa da ModTech por tornarem possível a realização deste trabalho e por toda a ajuda e recursos disponibilizados.

À minha família, especialmente aos meus pais, por sempre acreditarem em mim e por me terem proporcionado a oportunidade de realizar este curso. Aos meus avós e tias, por todo o apoio e motivação. À minha avó Gina, por todos os ensinamentos e valores que me transmitiu. Ao meu irmão Francisco, pelo incentivo e pelas ideias enriquecedoras partilhadas ao longo da vida.

A todos os colegas e professores que me ajudaram ao longo do meu percurso académico, por todas as aprendizagens e crescimento que proporcionaram.

Por último, agradeço aos meus amigos, nomeadamente à Rita e à Milena, por toda a amizade, momentos partilhados e apoio ao longo destes anos.

"A ciência e a vida quotidiana não podem e não devem ser separadas." (Rosalind Franklin).

RESUMO

O consumo de energia tem aumentado ao longo do último século, sendo a implementação de medidas de eficiência energética essenciais para mitigar este impacto. O setor dos edifícios, responsável por uma grande parte do consumo energético, apresenta um elevado potencial de poupança. Neste contexto, as políticas europeias visam alcançar *Near Zero Energy Buildings* (NZEB), ou edifícios com necessidades quase nulas de energia.

O principal objetivo deste trabalho foi estudar soluções técnicas de captação e utilização de energia numa moradia unifamiliar, de modo a avaliar o seu potencial para se tornar num NZEB, de acordo com a legislação nacional. Para tal, a habitação foi inicialmente caracterizada com base numa construção tipicamente Portuguesa e sistemas técnicos que cumprem os requisitos mínimos legais. De seguida, para avaliar energeticamente a moradia, foram realizadas duas simulações: uma simulação sazonal e uma simulação dinâmica. Os resultados demonstraram que a simulação dinâmica proporciona uma análise mais detalhada, sendo esta adotada para o estudo da moradia. De acordo com os resultados da simulação dinâmica, o edifício inicialmente projetado apresentou um consumo global de energia primária de 64,62 kWh_{EP}/m².ano.

Posteriormente, com o intuito de converter o edifício num NZEB, foram propostas três medidas de melhoria energética: a substituição da envolvente típica Portuguesa por uma solução de construção modular, a implementação de um sistema AVAC eficiente e a instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo. A implementação conjunta destas medidas na habitação resultou num consumo de energia primária de 23,15 kWh_{EP}/m².ano, o que representa uma redução de 41,47 kWh_{EP}/m².ano em comparação com o edifício inicialmente projetado, permitindo assim que a moradia fosse classificada como um NZEB.

Palavras chave: Energia, Medidas de eficiência energética, NZEB, Construção modular.

ABSTRACT

Energy consumption has increased over the last century, making the implementation of energy efficiency measures essential to mitigate this impact. The building sector, which is responsible for a large share of energy consumption, offers significant potential for savings. In this context, European policies aim to achieve Near Zero Energy Buildings (NZEB).

The main objective of this work was to study various technical solutions for harvesting and utilising energy in a single-family house, to assess its potential to become an NZEB according to national legislation. To achieve this, the house was initially characterised based on a typical Portuguese construction and technical systems that meet the minimum legal requirements. Then, to evaluate the energy performance of the house, two simulations were performed: a seasonal simulation and a dynamic simulation. The results showed that the dynamic simulation provides a more detailed analysis, and was therefore adopted for the study of the house. According to the results of the dynamic simulation, the initially designed building had a total primary energy consumption of $64.62 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$.

Subsequently, to convert the building into an NZEB, three energy improvement measures were proposed: replacing the typical Portuguese envelope with a modular construction solution, implementing an efficient HVAC system and installing a photovoltaic system for self-consumption. The combined implementation of these measures in the house resulted in a primary energy consumption of $23.15 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$, representing a reduction of $41.47 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ compared to the originally designed building, allowing the house to be classified as an NZEB.

Keywords: Energy, Energy efficiency measures, NZEB, Modular construction.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Estrutura da Dissertação	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Conceito de NZEB	5
2.1.1	Legislação europeia	6
2.1.2	Legislação nacional.....	9
2.1.3	Tecnologias NZEBs.....	15
2.2	Desempenho energético e conforto térmico dos edifícios de habitação.....	19
2.2.1	Método sazonal.....	20
2.2.2	Simulação dinâmica - DesignBuilder/EnergyPlus.....	28
3	CASO DE ESTUDO	35
3.1	Enquadramento.....	35
3.2	Caracterização geral do edifício.....	38
3.3	Localização geográfica e Clima	39
3.3.1	Parâmetros climáticos da estação de aquecimento.....	41
3.3.2	Parâmetros climáticos da estação de arrefecimento	42
3.4	Caracterização da envolvente	43
3.4.1	Envolvente opaca.....	43

3.4.2	Pontes térmicas lineares	47
3.4.3	Inércia térmica	48
3.4.4	Envolvente envidraçada	49
3.5	Cargas internas.....	51
3.5.1	Ocupação.....	51
3.5.2	Iluminação.....	55
3.5.3	Equipamentos.....	59
3.6	Ventilação.....	61
3.7	Climatização	63
3.8	Sistema de produção de AQS.....	65
4	AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO	67
4.1	Aplicação do método sazonal ao caso de estudo	67
4.2	Simulação dinâmica do caso de estudo	69
4.2.1	Simulação dinâmica do edifício previsto.....	70
4.2.2	Simulação dinâmica do edifício de referência.....	86
4.2.3	Indicadores energéticos e requisitos NZEB - Simulação dinâmica.....	90
4.3	Comparação resultados - Método sazonal e Simulação dinâmica	92
5	MEDIDAS DE MELHORIA	97
5.1	Medida de melhoria I - Painéis modulares da ModTech	97
5.2	Medida de melhoria II - Sistema AVAC.....	103
5.3	Medida de melhoria III - Sistema fotovoltaico.....	108
5.4	Conjunto de todas as medidas de melhoria	116
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	121
6.1	Conclusões	121
6.2	Trabalhos Futuros.....	124

ANEXOS.....	131
Anexo A - Plantas da moradia em estudo.....	132
Anexo B - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção típica portuguesa	133
Anexo C - Cálculo inércia térmica.....	136
Anexo D - Características técnicas dos vãos envidraçados e caixilharia.....	137
Anexo E - Perfis de iluminação	138
Anexo F - Cargas térmicas dos equipamentos.....	141
Anexo G - Perfis equipamentos.....	142
Anexo H - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção modular (Medida de melhoria I).....	145
Anexo I - Ficha técnica da unidade de ventilação mecânica.....	148
Anexo J - Ficha técnica do equipamento de climatização	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução dos edifícios ao longo dos anos [4]	6
Figura 2.2 - Evolução da legislação europeia e nacional [18].....	10
Figura 2.3 - Portaria n.º 98/2019 - Exigências para Edifícios de Habitação NZEB [23]	12
Figura 2.4 - Tecnologias NZEBs (adaptado de [27]).....	17
Figura 2.5 - Versão utilizada do <i>DesignBuilder/EnergyPlus</i> [30]	29
Figura 2.6 - Hierarquia de dados do <i>DesignBuilder</i> [32]	31
Figura 3.1 - Casa de Loures (Modelação 3D) [33]	37
Figura 3.2 - Metodologia estabelecida para atingir o objetivo NZEB	38
Figura 3.3 - Zonas climáticas de inverno e verão em Portugal [34]	40
Figura 3.4 - Identificação de cada fachada conforme a sua orientação	47
Figura 3.5 - Perfil de ocupação Sala + Cozinha	53
Figura 3.6 - Perfil de ocupação Suite	54
Figura 3.7 - Perfil de ocupação Quarto 1/Quarto 2.....	54
Figura 3.8 - Perfil de ocupação I.S.1/ I.S.2.....	55
Figura 3.9 - Projeto de iluminação Casa de Loures - Distribuição das luminárias [33].....	56
Figura 3.10 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor [36].....	63
Figura 4.1 - Modelação 3D da moradia no <i>DesignBuilder</i>	71
Figura 4.2 - Planta da moradia no <i>DesignBuilder</i>	71
Figura 4.3 - Introdução de dados no separador " <i>Activity</i> " - Exemplo Sala + Cozinha	73
Figura 4.4 - Introdução de dados no separador " <i>Construction</i> "	74
Figura 4.5 - Introdução das camadas constituintes das paredes exteriores	75
Figura 4.6 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica das paredes exteriores.....	76
Figura 4.7 - Introdução de dados no separador " <i>Openings</i> "	77
Figura 4.8 - Composição do vidro duplo utilizado nos vãos envidraçados	77

Figura 4.9 - Introdução de dados no separador " <i>Lighting</i> " - Exemplo "Sala+Cozinha"	78
Figura 4.10 - Introdução de dados no separador " <i>HVAC</i> " - Exemplo "Sala+Cozinha"	79
Figura 4.11 - Representação gráfica do sistema AVAC do edifício previsto	80
Figura 4.12 - Caracterização do ventilador de exaustão - Exemplo "I.S.1"	81
Figura 4.13 - Caracterização do ventilador do equipamento climatização	81
Figura 4.14 - Desagregação dos consumos elétricos do edifício previsto	83
Figura 4.15 - Consumo elétrico mensal do edifício previsto	84
Figura 4.16 - Distribuição de energia primária pelos usos regulados	86
Figura 5.1 - Painéis modulares da ModTech	98
Figura 5.2 - Casa de Loures - Envolvente composta pelos painéis modulares da ModTech [33]	99
Figura 5.3 - Constituição do painel modular da ModTech [33]	99
Figura 5.4 - Representação gráfica do sistema AVAC instalado	105
Figura 5.5 - Parametrização do sistema solar fotovoltaico no <i>software</i> SCE.ER	109
Figura 5.6 - Perfil do consumo elétrico dos usos não regulados do edifício	112
Figura 5.7 - Energia produzida pelo sistema fotovoltaico para os usos não regulados do edifício	112
Figura E.1 - Perfil de iluminação Sala + Cozinha	138
Figura E.2 - Perfil de iluminação Suite	138
Figura E.3 - Perfil de iluminação Quarto1/Quarto2	139
Figura E.4 - Perfil de iluminação I.S.1/I.S.2	139
Figura E.5 - Perfil de iluminação Hall/Circulação	140
Figura E.6 - Perfil de iluminação área técnica	140
Figura G.1 - Perfil de equipamentos Sala + Cozinha	142
Figura G.2 - Perfil de equipamentos Suite	142
Figura G.3 - Perfil de equipamentos Quarto1/Quarto2	143
Figura G.4 - Perfil de equipamentos I.S.2/I.S.2	143
Figura G.5 - Perfil de equipamentos área técnica	144

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Requisitos NZEB para edifícios de habitação [25].....	14
Tabela 2.2 - Potencial de redução dos custos das principais tecnologias de aquecimento e das energias renováveis, para 2030 e 2050 (adaptado de [28])	16
Tabela 2.3 - Algumas tecnologias emergentes e aplicações no NZEB (adaptado de [27]).....	18
Tabela 2.4 - Fatores de conversão de energia final para energia primária [29]	25
Tabela 2.5 - Intervalos de valor de RNt para edifícios de habitação [29].....	27
Tabela 2.6 - Requisitos NZEB	28
Tabela 3.1 - Lista de espaços do edifício em estudo	39
Tabela 3.2 - Zona climática inverno (adaptado de [29]).....	41
Tabela 3.3 - Valores de referência para a estação de aquecimento (adaptado de [29]).....	41
Tabela 3.4 - Zona climática verão (adaptado de [29]).....	42
Tabela 3.5 - Valores de referência para a estação de arrefecimento (adaptado de [29]).....	42
Tabela 3.6 - Dados geográficos e climáticos do edifício em estudo	43
Tabela 3.7 - Caracterização de cada fachada da envolvente opaca	46
Tabela 3.8 - Caracterização das pontes térmicas lineares exteriores	48
Tabela 3.9 - Vãos envidraçados exteriores do edifício em estudo	50
Tabela 3.10 - Caracterização dos vãos envidraçados exteriores	50
Tabela 3.11 - Índice de ocupação e taxa metabólica considerada para as várias divisões do edifício em estudo.....	52
Tabela 3.12 - Referência e descrição das luminárias.....	57
Tabela 3.13 - Distribuição das luminárias e densidades de potência de iluminação	58
Tabela 3.14 - Densidade de potência dos equipamentos instalados por espaço	60
Tabela 3.15 - Caudais mínimos de extração de ar para as instalações sanitárias do edifício em estudo	62

Tabela 3.16 - Eficiência do sistema de climatização a considerar para o edifício em estudo [29]	65
Tabela 3.17 - Número de pessoas equivalente por tipologia [29]	66
Tabela 3.18 - Eficiência do sistema de AQS a considerar para o edifício em estudo [29]	66
Tabela 4.1 - Indicadores energéticos	68
Tabela 4.2 - Indicadores energéticos - Método sazonal	68
Tabela 4.3 - Verificação requisitos NZEB - Método sazonal	69
Tabela 4.4 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto - simulação dinâmica	82
Tabela 4.5 - Consumos elétricos anuais do edifício previsto	82
Tabela 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica de referência em edifícios de habitação [29]	87
Tabela 4.7 - Coeficientes de transmissão térmica linear de referência em edifícios de habitação [29]	87
Tabela 4.8 - Comparação dos valores de U e de eficiência entre o edifício previsto e de referência	88
Tabela 4.9 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício referência - simulação dinâmica	89
Tabela 4.10 - Consumos elétricos anuais do edifício de referência	89
Tabela 4.11 - Indicadores energéticos - Simulação dinâmica	91
Tabela 4.12 - Verificação requisitos NZEB - Simulação dinâmica	92
Tabela 4.13 - Comparação entre os resultados obtidos pelo método sazonal e a simulação dinâmica	94
Tabela 5.1 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e da medida de melhoria I - simulação dinâmica	100
Tabela 5.2 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e Medida de melhoria I	101
Tabela 5.3 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria I	102
Tabela 5.4 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria I	103
Tabela 5.5 - Características técnicas do sistema de climatização instalado	104
Tabela 5.6 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e da medida de melhoria II - simulação dinâmica	105
Tabela 5.7 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e Medida de melhoria II	106

Tabela 5.8 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria II	107
Tabela 5.9 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria II	108
Tabela 5.10 - Consumo elétrico mensal destinado aos usos regulados do edifício.....	110
Tabela 5.11 - Energia renovável obtida para autoconsumo nos usos regulados do edifício.	111
Tabela 5.12 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria III.....	114
Tabela 5.13 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria III	115
Tabela 5.14 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e do conjunto das medidas de melhoria implementadas - simulação dinâmica.....	116
Tabela 5.15 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e conjunto das medidas de melhoria	117
Tabela 5.16 - Indicadores energéticos - Conjunto das medidas de melhoria.....	118
Tabela 5.17 - Verificação requisitos NZEB - Conjunto de todas as medidas de melhoria	119
Tabela 6.1 - Tabela resumo das soluções técnicas estudadas e dos resultados obtidos	123
Tabela B.1 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (alvenaria)	133
Tabela B.2 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (pilares/vigas).....	133
Tabela B.3 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede interior (alvenaria)	134
Tabela B.4 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Pavimento.....	134
Tabela B.5 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Cobertura exterior	135
Tabela H.1 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (Painel ModTech).....	145
Tabela H.2 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede interior (Painel ModTech).....	146
Tabela H.3 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Cobertura exterior (Painel ModTech).....	146
Tabela H.4 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Pavimento (Painel ModTech).....	147

SIGLAS

ANN	<i>Artificial Neural Networks.</i>
ASHPs	<i>Air-Source Heat Pumps.</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.
AQS	Águas Quentes Sanitárias.
BMOT	<i>Building Management & Optimization Technologies.</i>
COP	<i>Coefficient of Performance.</i>
DL	Decreto-Lei.
EED	<i>Energy Efficiency Directive.</i>
EEMs	<i>Energy Efficiency Measures.</i>
EER	<i>Energy Efficiency Ratio.</i>
EGTs	<i>Energy Generation Technologies.</i>
EM	Estados-Membros.
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive.</i>
GA	<i>Genetic Algorithm.</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa.
GES	Grandes Edifícios de Comércio e Serviços.
GSHPs	<i>Ground-Source Heat Pumps.</i>

HCTs	<i>Heating and Cooling Technologies.</i>
IA	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
NZE	<i>Net Zero Emissions.</i>
NZEB	<i>Near Zero Energy Building.</i>
PCMs	<i>Phase Change Materials.</i>
PDEE	Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios.
QAI	Qualidade do Ar Interior.
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.
RETs	<i>Renewable Energy Technologies.</i>
RNNs	<i>Residual Neural Networks.</i>
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.
SACE	Sistemas de Automatização e Controlo dos Edifícios.
SCE	Sistema de Certificação Energética de Edifícios.
UE	União Europeia.
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow.</i>
V2H	<i>Vehicle-to-home.</i>

SÍMBOLOS

A_p	Área interior útil de pavimento.
E_{ren}	Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício.
$E_{ren}AQS$	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS.
$E_{ren,ext}$	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos.
f_a	Parcela das necessidades de energia útil para preparação AQS.
f_{eh}	Fator de eficiência hídrica.
f_i	Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento.
f_v	Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento.
F_E	Fator de exaustão.
F_g	Fração envidraçada.
F_P	Fator de potência.
F_{pu}	Fator de conversão de energia final para energia primária.
F_S	Fator de simultaneidade.
$g_{\perp,vi}$	Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado.

G_{sol}	Energia solar média mensal incidente numa superfície, acumulada durante a estação de arrefecimento.
G_{sul}	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento.
g_{tot}	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados.
$g_{tot,p}$	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar permanentes totalmente ativados.
GD	Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18 °C.
H_f	Número de horas anuais de funcionamento do ventilador.
I_t	Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento.
M	Duração da estação de aquecimento.
M_{AQS}	Consumo médio diário de referência.
M_s	Massa superficial útil do elemento.
n_d	Número anual de dia de consumo de AQS.
n_{oc}	Número de ocupantes convencionais do edifício em função da tipologia.
N_i	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência.
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.
N_t	Necessidades nominais anuais de energia primária de referência.
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária.
N_v	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência.
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento.

P_d	Pé direito médio ponderado.
P_{elet}	Potência elétrica consumida pelo equipamento.
Q_a	Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS em edifícios de habitação.
q_{eq}	Carga térmica introduzida por um equipamento.
Q_{ext}	Caudal de extração.
$Q_{ext_{min}}$	Caudal de extração mínimo.
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.
$Q_{gu,i}$	Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento.
$Q_{tr,i}$	Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício na estação de aquecimento.
$Q_{ve,i}$	Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento.
r	Fator de redução da massa superficial útil do elemento.
R	Resistência térmica.
R_{Nt}	Rácio de classe energética em edifícios de habitação.
R_{ph}	Taxa de renovação de ar horária.
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior.
R_{si}	Resistência térmica superficial interior.
Ren_{Hab}	Indicador de energia primária renovável em edifícios de habitação.
S	Área da superfície interior.
U	Coeficiente de transmissão térmica.
U_w	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar.
U_{wdn}	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite.
V_f	Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador.
W_{vm}	Consumo de energia elétrica de funcionamento do ventilador.

X	Parâmetro climático a corrigir.
X_{REF}	Parâmetro climático à cota de referência.
Z	Altitude do edifício.
Z_{REF}	Altitude de referência do local.
ΔP_{tot}	Diferença de pressão total no ventilador.
ΔT	Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS.
e	Espessura.
η	Eficiência do sistema.
η_{tot}	Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total.
η_v	Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento.
δ_i	Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento.
δ_v	Fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento.
α	Declive que relaciona a diferença de altitudes.
$\theta_{ext,i}$	Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento.
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média na estação de arrefecimento.
λ	Condutibilidade térmica.
Ψ	Coeficiente de transmissão térmica linear.

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Ao longo do último século, observou-se um contínuo aumento no consumo de energia, fenómeno que tem impactado significativamente o meio ambiente devido à dependência dos combustíveis fósseis na produção de energia. Neste sentido, a utilização de energias alternativas de origem renovável, assim como a implementação de medidas de eficiência energética, demonstram-se imprescindíveis na redução do consumo e do desperdício energético.

O setor dos edifícios é um dos principais responsáveis pelo consumo de energia, sendo um dos que apresenta maior potencial para a poupança energética. As operações dos edifícios representam 30% do consumo de energia final a nível mundial e 26% das emissões globais relacionadas com a energia (8% são emissões diretas nos edifícios e 18% emissões indiretas da produção de eletricidade e calor utilizados nos edifícios) [1]. Na Europa este setor é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final, sendo cerca de 30% para o caso de Portugal [2].

Um dos principais objetivos das entidades europeias é a implementação de políticas que visam aumentar a eficiência energética em edifícios, de forma a atingir edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEBs), conforme foi estabelecido na Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 [3].

As condições mínimas de desempenho e os códigos energéticos dos edifícios estão a tornar-se mais seletivas em termos de âmbito e rigor em todos os países, e a utilização de tecnologias de construção eficientes e renováveis está a acelerar. No entanto, o sector precisa de mudanças mais rápidas para se aproximar do Cenário de Zero Emissões Líquidas até 2050 (NZE). Esta década é crucial para a implementação das medidas necessárias para atingir os

objetivos de que todos os novos edifícios e 20% do parque imobiliário existente estejam preparados para emissões zero de carbono até 2030 [1].

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo a análise e estudo de soluções técnicas de captação e utilização de energia para uma moradia unifamiliar, de forma a verificar o potencial da moradia em enquadrar os critérios de um *Near Zero Energy Building* (NZEB), de acordo com a legislação europeia e nacional em vigor.

Para atingir este propósito foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Inicialmente, realizar uma revisão bibliográfica relacionada com o tema;
- De seguida, efetuar uma caracterização detalhada do caso de estudo;
- Posteriormente criar o modelo computadorizado da moradia;
- Estudar e selecionar soluções técnicas estáticas, no que diz respeito a: ventilação natural, materiais utilizados, isolamentos térmicos, entre outros;
- Estudar e selecionar soluções técnicas dinâmicas, nomeadamente: sistemas de AVAC, sistemas de energia renovável, sistemas de produção de água quente sanitária, sistemas de iluminação, entre outros;
- Simular as soluções técnicas propostas;
- Por fim serão avaliadas as várias soluções técnicas, efetuando estimativas de consumo energético associadas a cada solução, de acordo com a metodologia de cálculo da regulamentação energética nacional (SCE). Esta abordagem permitirá uma avaliação da viabilidade de cada solução técnica em relação ao objetivo NZEB.

Importa referir que não foi realizada uma avaliação do custo económico das soluções técnicas apresentadas no presente trabalho.

1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação dividir-se-á em seis capítulos, e respetivos subcapítulos.

No primeiro capítulo, é realizada uma introdução do trabalho, onde se apresenta o enquadramento, os objetivos, a metodologia e a estrutura do mesmo.

No segundo capítulo é efetuada uma revisão bibliográfica, onde se apresenta o conceito de Edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB) e são descritas as políticas energéticas, no que diz respeito à evolução da legislação europeia e nacional. Neste capítulo também são abordados os métodos de cálculo relativos ao desempenho energético dos edifícios de habitação, destacando-se o método sazonal e a simulação dinâmica.

No terceiro capítulo apresenta-se o caso de estudo, onde é realizada uma caracterização detalhada da moradia em estudo.

No quarto capítulo é realizada a avaliação energética do edifício em análise, utilizando o método sazonal e a simulação dinâmica. Posteriormente, é realizada uma comparação entre os resultados obtidos por ambos os métodos.

No quinto capítulo são propostas medidas de melhoria e efetuados os cálculos térmicos e energéticos das diversas soluções apresentadas utilizando a metodologia estabelecida pelo SCE, verificando-se assim o potencial das medidas para tornar a moradia num NZEB.

No sexto capítulo apresentam-se as conclusões obtidas da análise de resultados, e as propostas para trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de NZEB

O conceito NZEB surge da necessidade de reduzir o consumo energético dos edifícios, as suas emissões de CO₂ e a sua dependência de combustíveis fósseis. Desta forma, os edifícios NZEB são edifícios concebidos de forma a garantirem o conforto térmico dos seus utilizadores sem necessidade ou com pouca necessidade de recorrer a equipamentos de climatização, adotando soluções construtivas otimizadas tendo em conta as características térmicas, instalações de aquecimento e ar condicionado, a aplicação de energia proveniente de fontes renováveis, os sombreamentos, a luz natural adequada, entre outros.

A Figura 2.1 ilustra a evolução do consumo de energia dos edifícios ao longo dos anos, a partir da qual é possível visualizar uma diminuição de consumo de energia fóssil e a crescente preferência dada às energias renováveis, numa fase inicial fruto de uma obrigação legislativa, mas que atualmente assenta numa mudança no paradigma da construção muito acentuada pela perceção da mais valia destes sistemas, quer por parte dos construtores quer por parte dos proprietários [4].

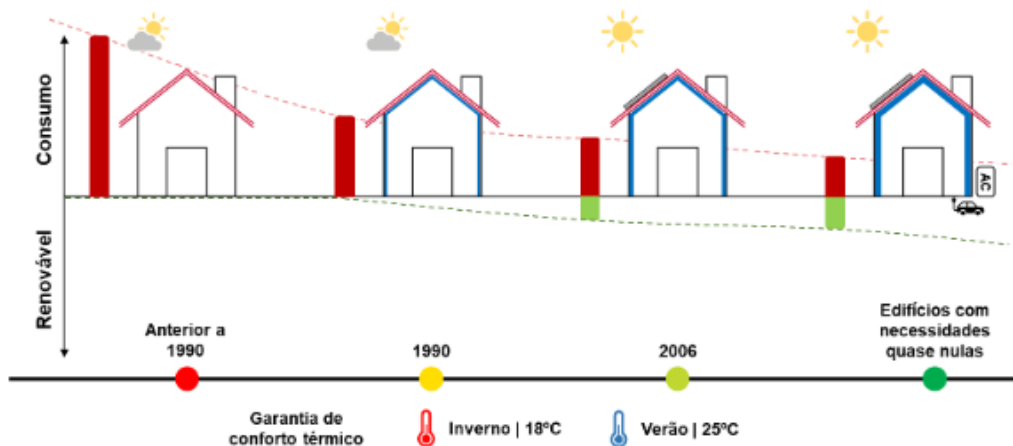


Figura 2.1 - Evolução dos edifícios ao longo dos anos [4]

2.1.1 Legislação europeia

O protocolo de Quioto, discutido e negociado em 1997, em Quioto no Japão, estabeleceu metas que visavam a redução das emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) por parte dos países signatários, que se comprometeram a atingir metas específicas e individuais. No sentido de atingir os objetivos estabelecidos no Protocolo, a UE (União Europeia) adotou uma legislação específica com o intuito de evitar ações unilaterais por parte dos seus Estados-membros e de forma a fornecer uma estrutura específica para a implementação desses objetivos. Nesse contexto, foi promulgada a EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*) [5].

A EPBD é o principal instrumento legislativo da União Europeia para promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na UE e descarbonizar o parque imobiliário dos Estados-Membros (EM). A Diretiva 2002/91/CE [6] do Parlamento Europeu e do Conselho, estabelece a primeira versão da EPBD e entrou em vigor a 16 de dezembro de 2002.

Esta diretiva baseia-se em quatro princípios fundamentais [6] e [7]:

- Uma metodologia comum para calcular o desempenho energético integrado dos edifícios;
- Normas mínimas para o desempenho energético dos novos edifícios e dos edifícios existentes sujeitos a grandes obras de renovação (a definir a nível nacional por cada Estado-Membro);

- Sistemas de certificação para edifícios novos e existentes e, nos edifícios públicos, afixação de certificados e outras informações relevantes. A certificação só é válida por 5 anos;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

Desde a sua adoção, a EPBD tem estado estreitamente ligada aos objetivos climáticos da UE e tem sido adaptada para refletir a sua evolução progressiva.

Deste modo, a 19 de maio de 2010 é publicada a Diretiva 2010/31/UE [3], conhecida como a “reformulação da EPBD”, substituindo a Diretiva 2002/91/CE [6]. Esta nova versão da diretiva faz referência pela primeira vez aos edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEBs), sendo apresentada a sua definição no Ponto 2 do Artigo 2.º “«Edifício com necessidades quase nulas de energia», um edifício com um desempenho energético muito elevado, determinado nos termos do anexo I do referido documento. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades;”

De acordo com o ponto 1 do Artigo 9.º desta diretiva foi ainda estabelecido que os Estados-Membros devem assegurar: “a) O mais tardar em 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia; e b) Após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.” [3].

A EPBD foi complementada pela Diretiva 2012/27/UE [8] («Diretiva Eficiência Energética» ou «EED»), que continha disposições sobre a renovação de edifícios e estratégias a longo prazo para mobilizar investimentos na renovação do parque imobiliário nacional sobre a eficiência energética. Esta visa promover a eficiência energética e reduzir o consumo de energia, estabelecendo metas e medidas de promoção da eficiência energética [8].

A 30 de novembro de 2016 a Comissão Europeia propôs o Pacote Legislativo «Energia Limpa para todos os Europeus» (Pacote Energia Limpa) [9], com vista ao estabelecimento do necessário enquadramento prático e normativo para a transição energética na década de 2021-2030 e para a criação da União da Energia e da Ação Climática na União Europeia. Assegurando assim o cumprimento do Acordo de Paris sobre as alterações climáticas e o aquecimento global do planeta e, em simultâneo, a salvaguarda do crescimento económico e a criação de emprego, através da prioridade à eficiência energética, ao reforço da aposta nas

energias provenientes de fontes renováveis e ao progressivo abandono de energia produzida a partir de combustíveis fósseis, com vista ao desenvolvimento de um sistema energético sustentável, concorrencial, competitivo, eficiente, seguro e descarbonizado até 2050 [9]. O Pacote Energia Limpa foi aprovado em junho de 2017 e nesse mesmo ano foi aprovada a revisão da EPBD (COM/2016/0765) [10] que altera a Diretiva 2010/31/UE [3] relativa ao desempenho energético dos edifícios. Esta revisão surge de forma a ter em conta os objetivos propostos neste Pacote Legislativo.

A última revisão da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios teve lugar em 2018, vindo a materializar-se na Diretiva (UE) 2018/844 [11] do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE [3] relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE [8] sobre a eficiência energética. Esta diretiva assenta em medidas destinadas a atingir, até 2050, o objetivo de redução das emissões de GEE e de descarbonização do parque imobiliário. Esta revisão trouxe alterações significativas, como o reforço da utilização de sistema energéticos renováveis, o desincentivo à utilização de sistemas alimentados a combustíveis fósseis, a integração da mobilidade elétrica nos edifícios, os sistemas de automatização e controlo dos edifícios, o indicador de aptidão para tecnologias inteligentes e ainda os procedimentos de manutenção e inspeção periódica. Foram incluídos diversos aspetos com um impacto muito significativo nos requisitos em vigor, nomeadamente [12]:

- A inclusão do conceito de custo-benefício numa ótica de custo de ciclo de vida alargado nos edifícios;
- A alteração do horizonte temporal dos investimentos, que passaram a ser pensados a longo prazo em termos de retorno energético;
- A adoção de requisitos mínimos mais exigentes e controláveis a nível europeu através de uma metodologia comum, tendo passado a ser obrigatória a justificação da viabilidade económica destes requisitos, que terão de ser, pelo menos, próximos do ótimo calculado por essa metodologia, ou melhores;
- A criação do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios ("PDEE"), estabelecendo um método para fixar uma classe energética mínima nos edifícios existentes;
- A definição de metodologia dos edifícios com necessidades quase nulas de energia ("NZEB"), que obriga a que todos os novos edifícios cumpram os referidos

requisitos, impondo que as necessidades energéticas dos novos edifícios sejam supridas com recurso a uma componente renovável superior a 50%.

Posteriormente, a 15 de dezembro de 2021, a Comissão apresentou ao Parlamento Europeu e ao Conselho uma proposta de reformulação da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios. Os principais objetivos da revisão consistem em que todos os edifícios novos sejam edifícios com emissões nulas até 2030 e que o parque imobiliário existente seja transformado em edifícios com emissões nulas até 2050, de forma a enquadrar as metas estabelecidas no Pacote "Objetivo 55" [13] e [14].

Por fim, importa referir que a 7 de dezembro de 2023 o Conselho e o Parlamento chegaram a um acordo político provisório sobre a proposta de revisão da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios. O acordo provisório alcançado com o Parlamento Europeu tem agora de ser aprovado e formalmente adotado por ambas as instituições [15].

2.1.2 Legislação nacional

Em Portugal, anteriormente à década de 90 não existiam requisitos térmicos na construção de edifícios. No entanto, em 1990, Portugal foi pioneiro nas políticas de eficiência energética nos edifícios, com a publicação do Decreto-Lei nº 40/90 (RCCTE) [16].

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 40/90 [16], de 6 de fevereiro de 1990, foi o primeiro documento legal em Portugal que impôs requisitos mínimos ao projeto de novos edifícios e de grandes renovações. Este regulamento tinha como objetivo salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia, quer no Inverno, quer no Verão, e ainda garantir a minimização de efeitos patológicos na construção derivados das condensações superficiais e no interior dos elementos da envolvente. Tal como é descrito no capítulo 1, Artigo 1.º no objeto do respetivo DL: "O presente Regulamento estabelece as regras a observar no projeto de edifícios de modo que: a) As exigências de conforto térmico no seu interior possam vir a ser asseguradas sem dispêndio excessivo de energia; e b) Os elementos de construção não sofram efeitos patológicos derivados de condensações." [16]

O DL 40/90 [16] constituiu um marco decisivo na melhoria da qualidade da construção em Portugal. Faltava, no entanto, regulamentar as condições em que se definem as dimensões e se devem processar a instalação e a utilização de equipamentos e sistemas nos edifícios com sistemas energéticos de aquecimento e ou de arrefecimento, sem ou com desumidificação, por forma a assegurar a qualidade das respetivas prestações, com respeito pela utilização racional da energia, pelo ambiente e pela segurança das instalações [17].

Desta forma o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/98 [17], de 7 de maio de 1998, veio estabelecer regras de dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios.

De acordo com o ponto 1 do Artigo 2.º relativo ao Âmbito de aplicação do DL 118/98 [17], foi estabelecido que: "O presente Regulamento dos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou zonas independentes é aplicável a todos os equipamentos de edifícios, sempre que se verifique uma das condições seguintes: a) A potência térmica nominal de aquecimento ou de arrefecimento seja superior a 25 kW; b) A soma das potências térmicas nominais para aquecimento e arrefecimento seja superior a 40 kW". Surge assim a obrigatoriedade de cumprir os requisitos energéticos estabelecidos de forma a serem alcançados os objetivos propostos.

Em 2002, com a publicação da EPBD, Portugal, por forma a transpor para a legislação nacional as diretivas europeias, estabeleceu vários Decretos-Leis, acompanhando assim a legislação europeia [18]. Na Figura 2.2 apresenta-se a evolução da legislação nacional a par da legislação europeia.

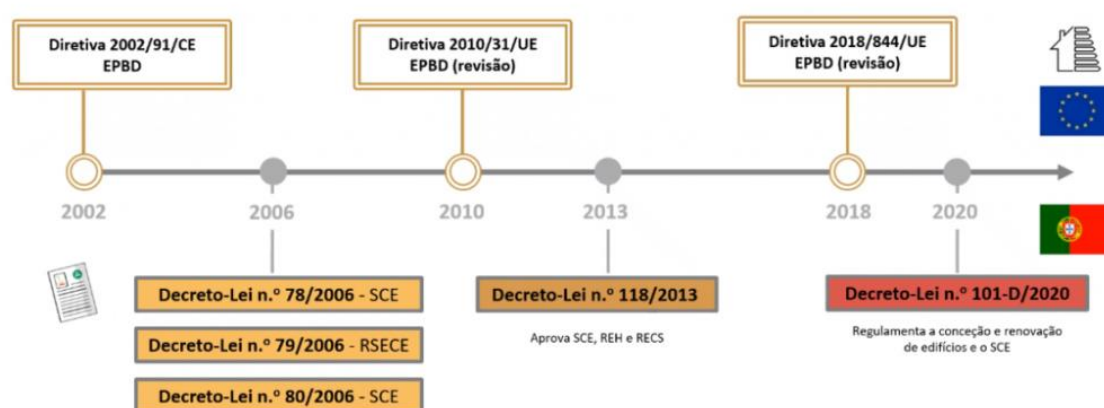


Figura 2.2 - Evolução da legislação europeia e nacional [18]

A transposição nacional da EPBD de 2002 (correspondente à Diretiva 2002/91/CE [6]) deu-se em abril de 2006 através de três documentos legislativos: o Decreto-Lei nº 78/2006 [19] (SCE), o Decreto-Lei nº 79/2006 [20] (RSECE) e o Decreto-Lei nº 80/2006 [21] (RCCTE).

O Decreto-Lei nº 78/2006 [19] aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE e QAI), assegurando a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios.

O Decreto-Lei nº 79/2006 [20] correspondeu a uma revisão do Regulamento existente relativo aos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), publicado pela primeira vez em 1998 (DL 118/98 [17]). Esta revisão, por forma a cumprir os requisitos impostos pela EPBD de 2002, apresenta um quádruplo objetivo [20]:

1) Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios, em concordância com as respetivas funções;

2) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização, mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;

3) Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projeto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;

4) Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

O Decreto-Lei nº 80/2006 [21] revoga o DL 40/90 [16] (RCCTE). Este DL tem como objetivo reduzir o consumo energético dos edifícios de habitação, incentivar a instalação de sistemas de aproveitamento de energia renovável, melhorar a eficiência energética assim como controlar a qualidade do ar interior e atribuição de classificação energética por certificação. Desta forma estabeleceu regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, de modo que as exigências de conforto térmico (aquecimento e arrefecimento), ventilação e água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia, e sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas [21].

Face à transposição da Diretiva 2010/31/UE [3] para o território português surge a aprovação do Decreto-Lei n.º 118/2013 [22] de 20 de agosto, revogando os DL 78/2006 [19], DL 79/2006 [20] e o DL 80/2006 [21]. Esta revisão engloba num só diploma o Sistema de Certificação Energética (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

(REH) e o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). É através deste Decreto-Lei que Portugal passa a ter um conjunto de obrigadoriedades a nível de desempenho energético dos edifícios, e onde foi abordado pela primeira vez o conceito de NZEB em Portugal.

Foi estabelecido que cabe a cada um dos Estados-Membros definirem para o seu país o que é um edifício com necessidades quase nulas ou NZEB. Neste sentido Portugal estabeleceu diferentes regras para edifícios de habitação ou de comércio e serviços [23].

No entanto, só em 2019 é que o conceito NZEB aplicado aos edifícios de habitação ficou totalmente definido através da publicação da Portaria n.º 98/2019 [23] de 2 de abril, que o caracteriza em dois pontos: necessidades energéticas e aproveitamento de fontes de energia renovável. No que diz respeito às necessidades energéticas, é imposto que o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) deve ser inferior ou igual a 75 % do seu valor máximo (N_i) e que o valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (N_{tc}) deve ser inferior ou igual a 50% do seu valor máximo (N_t), ou seja, correspondente à classe energética mínima A. No que diz respeito ao aproveitamento de energia renovável, é imposto que os sistemas para esse fim devem suprir pelo menos 50% dos usos regulados, ou seja, aquecimento, arrefecimento, ventilação e produção de águas quentes sanitárias. Na Figura 2.3 apresenta-se as respetivas exigências mencionadas para Edifícios de Habitação NZEB.

Edifícios de habitação (Portaria n.º 98/2019 de 2 de abril)

Exigências para Edifícios de Habitação nZEB	
Energia útil para aquecimento: N_{ic} e N_i = indicadores de energia útil para aquecimento, calculado e nominal respetivamente	$N_{ic}/N_i \leq 75\%$
Energia primária: N_{tc} e N_t = indicadores de energia primária calculado e nominal respetivamente	$N_{tc}/N_t \leq 50\%$
Fontes de energia renovável devem suprir usos de climatização e AQS	$\geq 50\%$

Figura 2.3 - Portaria n.º 98/2019 - Exigências para Edifícios de Habitação NZEB [23]

A 7 de dezembro de 2020, é aprovado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 [24], revogando o DL 118/2013 [22]. Este estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético

através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, e regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 [11] e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

Como principais medidas aprovadas pelo referido diploma são de destacar as seguintes:

1 - Conceção e renovação de edifícios:

São fixados requisitos para a conceção e renovação de edifícios com vista à sua modernização e renovação, nomeadamente no que diz respeito a sistemas técnicos de aquecimento e arrefecimento de espaços, ventilação, a produção de água quente e a iluminação fixa, bem como outros sistemas técnicos dos edifícios, com o objetivo de criação de edifícios novos com necessidades quase nulas de energia;

2 - Plano de Manutenção:

Obrigações de elaboração e implementação de um plano de manutenção regular dos sistemas técnicos inseridos em GES (Grandes Edifícios de comércio e Serviços);

3 - Sistemas de Automatização e Controlo do Edifícios:

Obrigações de instalação de sistemas de automatização e controlo do edifício (SACE) até 31 de dezembro de 2025, por forma a permitir a monitorização, o registo e a análise, contínua e comparativa, dos consumos de energia e da eficiência energética dos edifícios, de modo a obter informação acerca do seu efetivo ou potencial desempenho energético;

4 - Inspeções Periódicas:

Obrigações de realização de inspeções periódicas aos edifícios, com vista à avaliação fidedigna dos desempenhos e à identificação das eventuais oportunidades e medidas a adotar para a melhoria dos referidos sistemas;

5 - Carregamentos de Veículos elétricos:

Obrigações de instalação em edifícios novos ou sujeitos a grandes renovações de infraestruturas de carregamento de veículos elétricos;

6 - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios:

Regulamentação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios com estabelecimento de novas métricas sendo dispensado o projeto de comportamento técnico e passando a matéria a encontrar-se vertida nos projetos de construção.

De referir ainda que o D.L. n.º 101-D/2020 [24] alterou o requisito NZEB face aos requisitos impostos pelo D.L. n.º 118/2013 [22] desde janeiro de 2019. Na Tabela 2.1 identificam-se os requisitos NZEB a que os edifícios de habitação ficam sujeitos de acordo com o decreto-lei em vigor à data no início do licenciamento [25]:

Tabela 2.1 - Requisitos NZEB para edifícios de habitação [25]

	Zona Climática	Entrada em vigor		
		Decreto-Lei n.º 118/2013		Decreto-Lei n.º 101-D/2020
		01-Jan-19	01-Jan-21	01-Jul-21
Aplicação das exigências para edifícios de necessidades quase nulas de energia em função da data	II / I2 / I3	Todos os edifícios novos ocupados e propriedade de uma entidade pública	Todos os edifícios novos	Todos os edifícios novos
Classe energética mínima		A	A	A
$R_{nt} \leq 0,50$		✓	✓	✓
$Ren_{HAB} \geq 0,50$		n.q.	n.q.	✓
Necessidades de arrefecimento		$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$
Necessidades de aquecimento	II	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$
	I2			$N_{ic}/N_i \leq 0,85$
	I3			$N_{ic}/N_i \leq 0,90$

A ultima atualização da legislação nacional, no que diz respeito à publicação de DL, ocorreu a 19 de novembro de 2021, quando foi publicado o Decreto-Lei 102/2021 [26], que estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação. De acordo com Artigo 1.º do respetivo DL é definido como Objeto: "O presente decreto-lei: a) Estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulado pelo Decreto-Lei n.º 101 -D/2020 [24], de 7 de dezembro; e b) Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, que estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o SCE, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944" [26].

De referir que os DLs são complementados por regulamentação específica, na forma de portarias e despachos. Desta forma é importante a consulta e conhecimento dos mesmos para aplicações específicas.

2.1.3 Tecnologias NZEBs

Com a introdução do conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia, as tecnologias destinadas a atingir este objetivo têm sido objeto de muita pesquisa e desenvolvimento. Desde os progressos em sistemas de produção de energia renovável até às melhorias em isolamento térmico e sistemas de gestão inteligente, as tecnologias ligadas aos NZEBs estão a transformar a forma como concebemos, construímos e operamos edifícios.

Quanto ao tipo de tecnologia e soluções disponíveis para se atingir o objetivo NZEB, é possível sintetizar estas em 3 categorias [27]:

- Medidas de Eficiência Energética (*Energy Efficiency Measures* - EEMs);
- Tecnologias de Energias Renováveis (*Renewable Energy Technologies* - RETs);
- Sistemas de gestão de edifícios e de otimização da utilização de energia (*Building Management & Optimization Technologies* - BMOT).

As Medidas de Eficiência Energética (EEMs), também designadas por soluções passivas, desempenham um papel significativo na redução do consumo energético. Estas englobam sistemas de isolamento térmico de alto desempenho, sistemas eficientes de janelas, sistemas de recuperação de calor, boa estanquidade do ar, entre outros. Neste sentido, as EEMs têm-se revelado eficazes e economicamente vantajosas na otimização da forma e orientação dos edifícios, na configuração da envolvente do edifício, na implementação da ventilação natural e no controlo da iluminação natural. Paralelamente, destaca-se a emergente utilização de Materiais de Mudança de Fase (*Phase Change Materials* - PCMs) na envolvente dos NZEBs, aplicados em paredes embutidas, tetos, pisos, entre outros. Os PCMs têm a capacidade de reduzir o sobre-aquecimento dos edifícios, absorvendo o calor excedente durante o dia e libertando-o durante a noite, reduzindo, deste modo, a necessidade de energia para os sistemas de AVAC. Este conjunto de medidas não promove apenas uma maior eficiência energética, mas também se destaca como uma opção mais sustentável e económica.

Relativamente às Tecnologias de Energias Renováveis (RETs), estas podem se dividir em duas fontes principais (i) e (ii):

(i) Tecnologias de aquecimento e arrefecimento (*Heating and Cooling Technologies* - HCTs):

- Sistemas Solares Térmicos;
- Bombas de Calor de Fonte-Ar (*Air-Source Heat Pumps* - ASHPs);
- Bombas de Calor de Fonte-Solo (*Ground-Source Heat Pumps* - GSHPs) ou Bombas de Calor Geotérmicas.

(ii) Tecnologias de produção de energia elétrica (*Energy Generation Technologies* - EGTs):

- Energia Solar Fotovoltaica;
- Energia Eólica.

Ao contrário das Tecnologias de aquecimento e arrefecimento, as Tecnologias de produção de energia têm sido amplamente estudadas, levando a uma implementação em grande escala e, por conseguinte, numa significativa redução nos custos de produção.

Em relação aos custos de investimento, antecipa-se uma substancial redução tanto nas tecnologias de energia solar (térmica e fotovoltaica) quanto nos sistemas de armazenamento de energia elétrica, como destacado de maneira abrangente na Tabela 2.2 [28].

Tabela 2.2 - Potencial de redução dos custos das principais tecnologias de aquecimento e das energias renováveis, para 2030 e 2050 (adaptado de [28])

Tecnologia	Intervalo potencial até 2030 (%)	Intervalo potencial até 2050 (%)
Fotovoltaico	20,0-29,0	41,0-55,5
Solar térmico	9,1-23,9	22,0-50,8
Caldeira a gás	4,1-9,2	4,9-11,1
Caldeira alimentada por combustível líquido	0,3-0,7	0,8-1,9
Caldeira de biomassa	7,2-13,4	9,6-17,8
Bomba de calor aerotérmica	4,8-21,6	11,0-43,9
Bomba de calor fonte-solo	5,9-25,8	7,9-33,4
Armazenamento térmico	9,5-26,9	15,7-41,4
Armazenamento elétrico	34,9-62,7	47,9-77,7
Ar condicionado	9,3-25,2	17,8-44,3
Ventilação descentralizada	30,3-49,3	40,4-62,2
Ventilação centralizada	24,4-41,0	34,6-55,1

No que diz respeito aos sistemas de gestão de edifícios e de otimização da utilização de energia (BMOT), evidencia-se um notável progresso tecnológico. Sendo estas as principais tecnologias emergentes no desenvolvimento dos NZEBs.

A adoção generalizada de sistemas de gestão técnica centralizada, aliada à sua obrigatoriedade em novas construções, destaca a viabilidade técnica e económica dessas soluções, desempenhando assim um papel crucial na evolução dos NZEBs. Com a integração da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoTs) no contexto dos edifícios, abre-se um horizonte de possibilidades praticamente ilimitado, permitindo uma gestão inteligente e eficiente dos recursos, otimizando o desempenho e a sustentabilidade dos espaços. Além disso, a implementação de algoritmos baseados em Inteligência Artificial (IA), que analisam o comportamento energético característico da instalação e identificam de imediato padrões de consumo anómalos, permite um ajuste automático dos parâmetros da instalação, resultando numa notável economia de energia. Desta forma estas tecnologias em constante desenvolvimento representam um papel crucial na evolução dos NZEBs.

A Figura 2.4 apresenta as tecnologias NZEBs categorizadas, resumindo algumas tecnologias existentes, emergentes e pouco exploradas.

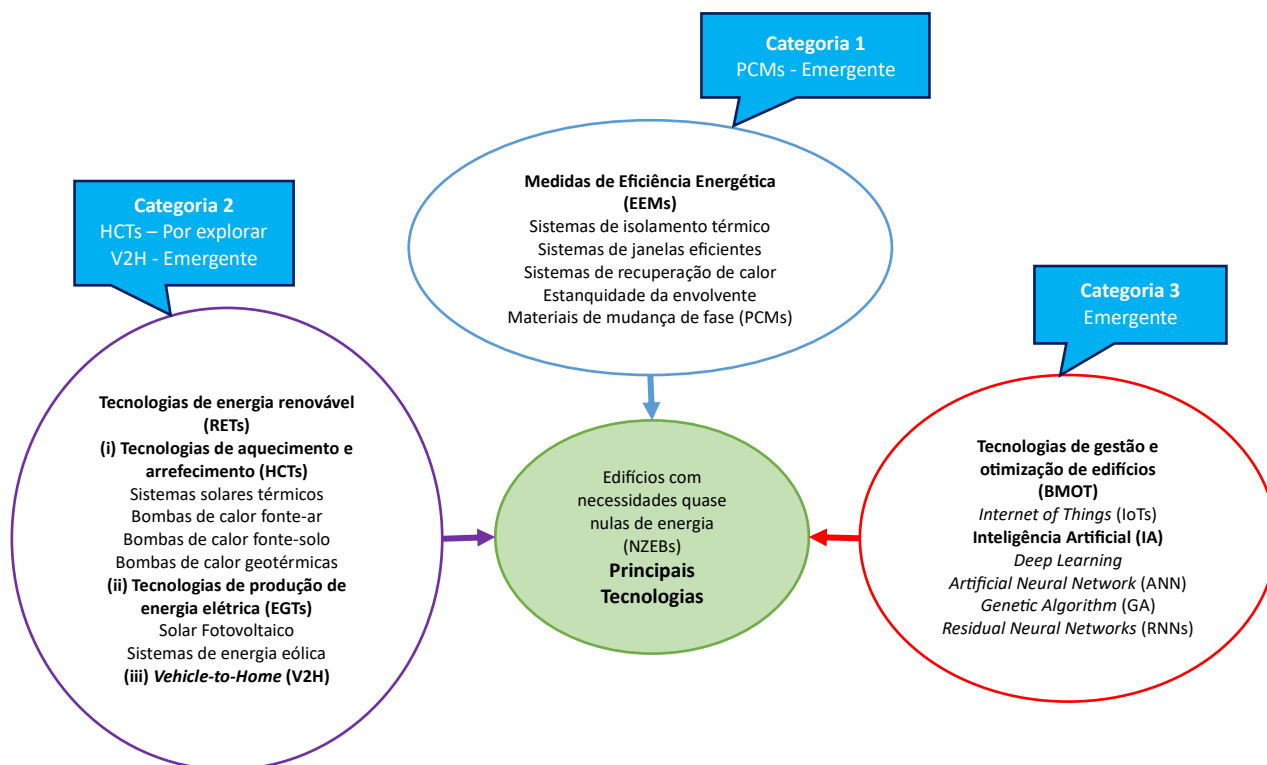


Figura 2.4 - Tecnologias NZEBs (adaptado de [27])

Na Tabela 2.3 apresenta-se ainda algumas das tecnologias emergentes na área dos NZEBs, assim como a descrição da sua aplicação neste âmbito.

Tabela 2.3 - Algumas tecnologias emergentes e aplicações no NZEB (adaptado de [27])

Tecnologia	Aplicação no NZEB
Materiais de mudança de fase (PCMs)	- Reduz o sobreaquecimento dos edifícios absorvendo o excesso de calor durante o dia e libertando o calor armazenado durante a noite. - Os PCMs podem melhorar o armazenamento de energia térmica para edifícios com necessidades quase nulas de energia.
<i>Vehicle-to-home</i> (V2H)	- Utiliza baterias ociosas de veículos elétricos como ferramentas de armazenamento da rede. - Minimiza a flutuação da energia renovável, servindo como energia de reserva em caso de emergência. - Ao integrar os recursos de energia renovável dos veículos elétricos, o V2H pode ser potencialmente utilizado para atingir os objetivos NZEB.
<i>Internet of Things</i> (IoT)	- Integrando IoTs com sistemas de gestão de energia doméstica e recursos de energia renovável é possível melhorar o desempenho energético durante a operação dos edifícios. - Permite transferir dados para analisar o consumo de energia e as condições ambientais interiores e exteriores em tempo real. - A utilização da IoTs para gestão inteligente da energia do edifício possibilita o desenvolvimento de NZEBs acessíveis.
Aplicação geral de IA	- Detecção e controlo das condições interiores dos edifícios. - Melhora a eficiência da utilização de múltiplas energias em edifícios – Precisão da previsão para controlo ótimo (por exemplo, HVAC e iluminação).
<i>Deep Learning</i>	- Utilizado para otimização de sistemas de energia, resultando na poupança de energia.
<i>Residual Neural Networks</i> (RNNs)	- Prevê e minimiza o funcionamento objetivo dos sistemas AVAC em NZEBs.
<i>Artificial Neural Networks</i> (ANN)	- Ferramentas automáticas de avaliação energética para estimar o consumo de energia em edifícios com descrição de dados limitada.
<i>Genetic Algorithm</i> (GA)	- Integração com a abordagem da simulação de Monte Carlo para prever o consumo de energia por hora em NZEBs.

2.2 Desempenho energético e conforto térmico dos edifícios de habitação

O conforto térmico interior de uma habitação depende das suas características arquitetónicas, construtivas e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento utilizados.

Quando as características passivas do edifício não são suficientes para alcançar o conforto térmico, utilizam-se sistemas de aquecimento e arrefecimento. A energia necessária para o funcionamento destes sistemas depende do clima local, das características do edifício e do desempenho energético dos próprios sistemas. É importante conhecer as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento para selecionar o equipamento adequado que ofereça conforto térmico com o menor consumo possível.

A análise do comportamento térmico de um edifício, independentemente do método utilizado, é realizada através de equações de equilíbrio entre ganhos e perdas térmicas, com a temperatura do ar interior assumida como constante de modo a garantir as exigências de conforto térmico dos seus ocupantes, permitindo desta forma obter as necessidades de energia para aquecimento ou arrefecimento do edifício. Dado o exposto, percebe-se que as necessidades de energia para aquecimento ou arrefecimento se traduzem na quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um edifício a uma determinada temperatura interior de referência, durante a estação de aquecimento e arrefecimento.

A Diretiva 2002/91/CE [6], de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi o principal instrumento legislativo da UE que levou à implementação de medidas para a melhoria do comportamento térmico nos edifícios. Na sequência desta diretiva foram adotadas várias normas, nomeadamente a norma europeia EN ISO 13790 "*Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling*". Esta norma apresenta e descreve três métodos de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento e arrefecimento: o método quase-estacionário de balanço de energia de base mensal ou sazonal; o método horário simplificado que utiliza um esquema elétrico para calcular as necessidades de modo iterativo de hora em hora e a simulação dinâmica que avalia o comportamento transiente dos edifícios através de programas computacionais.

Em Portugal, do ponto de visto do enquadramento legislativo é possível descrever os três métodos da seguinte forma:

- O método quase-estacionário de base sazonal referido na norma ISO 13790 foi adotado e integrado no novo regulamento térmico para edifícios de habitação, REH,

através do Decreto-Lei n.º 118/2013 com parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados definidos e tabelados a nível nacional;

- O método horário referido na norma ISO 13790, trata-se de um método mais complexo do que o método sazonal. Foi também adotado por Portugal com a denominação de cálculo dinâmico simplificado, conforme preconizado no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), este método utiliza os dados climáticos disponibilizados pelo LNEG para a simulação dinâmica;
- A simulação dinâmica no contexto legislativo português é normalmente utilizada para os Grandes Edifícios de Serviços (GES) que tenham a necessidade de modelar várias zonas térmicas com diferentes variações horárias de cargas internas.

Embora o objeto de aplicação dos diferentes métodos seja distinto na legislação nacional, neste trabalho vão ser utilizados o método sazonal e a simulação dinâmica, aplicados a um edifício de habitação. Desta forma apenas estes dois métodos vão ser apresentados de seguida.

2.2.1 Método sazonal

Para a avaliação energética de edifícios de habitação, a legislação portuguesa exige a aplicação da metodologia sazonal.

Esta metodologia baseia-se na determinação dos balanços de energia primária do edifício previsto e do edifício de referência. O balanço de energia do edifício previsto considera as necessidades de energia primária para aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS, ventilação mecânica, e ainda o contributo de energia proveniente de sistemas que recorram a fontes de energia renovável para autoconsumo nestes usos. No caso do balanço do edifício de referência, o procedimento não inclui sistemas renováveis e considera que a ventilação é realizada de forma totalmente natural.

Nos edifícios de habitação, ambos os balanços de energia são determinados em condições nominais, considerando-se uma temperatura interior maior ou igual a 18°C na estação de aquecimento e menor ou igual a 25°C na estação de arrefecimento.

A base de cálculo do método sazonal é apresentada de seguida, permitindo a determinação das necessidades de aquecimento, de arrefecimento e de energia primária de edifícios

de habitação assim como todos os outros indicadores energéticos e parâmetros relevantes para a avaliação energética de um edifício de habitação.

As equações das variáveis não apresentadas neste subcapítulo podem ser consultadas no Manual SCE [29].

- **Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic})**

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) representam a quantidade de energia necessária para manter a habitação a uma temperatura mínima de 18°C durante 24 horas, ao longo de toda a estação de aquecimento.

Estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos de calor úteis, provenientes dos ganhos solares pelos vãos envidraçados e dos ganhos devidos às cargas internas do edifício, conforme a Equação 2.1.

O valor de N_{ic} é determinado com base na metodologia prevista na Norma EN ISO 13790, considerando [29]:

- O método sazonal de cálculo de necessidades de aquecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- Cada edifício ou fração autónoma como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- A ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de aquecimento.

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \quad (2.1)$$

Em que:

N_{ic} - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m².ano)];

$Q_{tr,i}$ - Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{ve,i}$ - Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{gu,i}$ - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes [kWh/ano];

A_p - Área interior útil de pavimento [m²].

O cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício ($Q_{tr,i}$), da transferência de calor por ventilação ($Q_{ve,i}$) e dos ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes ($Q_{gu,i}$) dependem de vários parâmetros que se encontram detalhados no Manual SCE [29].

- **Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})**

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) representam a quantidade de energia necessária para manter a habitação a uma temperatura máxima de 25°C durante 24 horas, ao longo de toda a estação de arrefecimento.

Estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos térmicos, os últimos provenientes dos ganhos solares pelos vãos envidraçados e pela envolvente opaca e dos ganhos devidos às cargas internas do edifício, conforme Equação 2.2.

O valor de N_{vc} é determinado com base na metodologia prevista na Norma EN ISO 13790, considerando [29]:

- O método sazonal de cálculo de necessidades de arrefecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- Cada edifício ou fração autónoma como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- A ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de arrefecimento.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v}/A_p \quad (2.2)$$

Em que:

N_{vc} - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m².ano)];

η_v - Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ - Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh/ano];

A_p - Área interior útil de pavimento [m²]

O cálculo detalhado do fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento (η_v) e dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento ($Q_{g,v}$) encontram-se descritos no Manual SCE [29].

- **Necessidades nominais anuais de energia útil para AQS (Q_a)**

As necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS (Q_a) são determinadas em função do consumo médio diário de referência, do aumento de temperatura, em relação à temperatura da água da rede, e do número de dias de consumo de AQS num ano, conforme a Equação 2.3.

O consumo médio diário de referência é determinado em função do número de ocupantes convencionais do edifício (n_{oc}) e da existência de sistemas de eficiência hídrica (f_{eh}) nos chuveiros ou sistemas de duche, conforme Equação 2.4.

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600} \quad (2.3)$$

$$M_{AQS} = 40 \cdot n_{oc} \cdot f_{eh} \quad (2.4)$$

Em que:

Q_a – Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS de referência [kWh/ano];

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência [litros];

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS, assumindo o valor de fixo de 35 [°C];

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS, assumindo o valor fixo de 365 [dias/ano];

n_{oc} – Número de ocupantes convencionais do edifício em função da tipologia [ocupantes];

f_{eh} – Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais.

- **Consumos de ventilação mecânica (W_{vm})**

Em edifícios de habitação com sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo ou cujo funcionamento não dependa da ação do utilizador, quer seja de caudal

variável ou constante, o consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador (W_{vm}), é determinado de acordo com a Equação 2.5.

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P_{tot}}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \quad (2.5)$$

Em que:

W_{vm} - Consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador [kWh/ano];

V_f - Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador [m³/h];

ΔP_{tot} - Diferença de pressão total no ventilador [Pa];

η_{tot} - Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total;

H_f - Número de horas anuais de funcionamento do ventilador [h/ano].

- **Necessidades nominais anuais de energia primária (N_{tc})**

As necessidades nominais anuais de energia primária correspondem ao total de energia primária para satisfazer anualmente as necessidades de aquecimento e arrefecimento ambiente e de preparação de AQS, bem como para o funcionamento dos sistemas de ventilação mecânica, subtraindo a este total a contribuição das fontes de energia renovável para estes usos, conforme a Equação 2.6. Nesta equação, as necessidades de energia útil para os vários usos regulados são convertidas para consumos de energia final, afetando as mesmas da eficiência dos sistemas técnicos, e estes consumos convertidos para energia primária, através do fator de conversão (F_{pu}).

Os fatores de conversão de energia final para energia primária, conforme o tipo de energia, apresentam-se na Tabela 2.4.

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad (2.6)$$

Em que:

N_{tc} - Necessidades nominais anuais de energia primária [kWh_{EP}/(m².ano)];

N_{ic} - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m².ano)];

$f_{i,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k para a fonte de energia j ;

N_{vc} - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m².ano)];

$f_{v,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k para a fonte de energia j ;

Q_a - Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

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

η_k - Eficiência do sistema k para a fonte de energia j ;

$W_{vm,j}$ - Consumo de energia elétrica j do funcionamento do ventilador [kWh/ano];

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

A_p - Área interior útil de pavimento [m²];

δ_i - Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento;

δ_v - Fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento;

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

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

Tabela 2.4 - Fatores de conversão de energia final para energia primária [29]

Tipo de energia	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2,5
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1,0
Energia térmica de origem renovável	1,0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1,06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1,86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1,70

- **Edifício de referência**

A determinação do balanço de energia do edifício de referência é efetuada tal como no edifício previsto, mas considerando algumas particularidades de acordo com a regulamentação estipulada para edifícios de habitação. Ou seja, no Manual SCE [29] são estabelecidos os parâmetros de referência que permitem obter os indicadores energéticos do edifício de referência em estudo, nomeadamente no que diz respeito às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência (N_i), às necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência (N_v) e às necessidades nominais anuais de energia primária de referência (N_t).

- **Classe energética**

A classe energética dos edifícios de habitação é definida através da relação entre as necessidades nominais de energia primária previstas e de referência, conforme a Equação 2.7. Sendo posteriormente atribuída segundo os intervalos de valor de R_{Nt} apresentados na Tabela 2.5.

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (2.7)$$

Onde:

R_{Nt} - Rácio de classe energética em edifícios de habitação;

N_{tc} - Necessidades nominais anuais de energia primária [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];

N_t - Necessidades nominais anuais de energia primária de referência [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$].

Tabela 2.5 - Intervalos de valor de R_{Nt} para edifícios de habitação [29]

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

- **Indicador de energia primária renovável**

Para efeitos do previsto no despacho n.º 13 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 [24], de 7 de dezembro, os edifícios de habitação novos ou sujeitos a grande renovação devem apresentar um nível mínimo de energia primária renovável mediante os indicadores de energia primária renovável em edifícios de habitação (Ren_{Hab}).

O valor de Ren_{Hab} é obtido pela relação entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS, através da Equação 2.8.

$$Ren_{Hab} = \frac{\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}} \quad (2.8)$$

Em que:

Ren_{Hab} - Indicador de energia primária renovável em edifícios de habitação;

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

A_p – Área interior útil de pavimento [m²];

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

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

η_k – Eficiência do sistema k para a fonte de energia j ;

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

$F_{pu,p}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável p [$\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$].

- **Requisitos NZEB**

Os requisitos NZEB são definidos pelo D.L. n.º 101-D/2020 [24] com base na relação das necessidades de aquecimento, arrefecimento, e de energia primária entre o edifício previsto e de referência, sendo também caracterizados pelo indicador de energia primária renovável da habitação. Estes requisitos são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Requisitos NZEB

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$
Necessidades de Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$
Classe energética		Igual ou superior a A
Energia Renovável		$Ren_{Hab} \geq 0,50$

2.2.2 Simulação dinâmica - DesignBuilder/EnergyPlus

As ferramentas de simulação dinâmica para o cálculo das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento diferenciam-se do método sazonal anteriormente apresentado pela maior precisão e rigor dos resultados obtidos, uma vez que a metodologia de cálculo apresenta também uma maior complexidade.

As simulações dinâmicas a realizar neste trabalho serão efetuadas com recurso ao *software DesignBuilder* [30].

O *DesignBuilder* é um programa que permite efetuar simulações higrotérmicas de edifícios. Este programa é uma interface avançada do software *EnergyPlus* [31], que é o responsável pela realização dos cálculos e simulações.

O *EnergyPlus* é um programa gratuito de simulação de edifícios desenvolvido pelo *U.S. Department of Energy* que permite realizar o cálculo térmico, baseando-se na descrição dos elementos que compõem o edifício por parte do utilizador. Ele permite realizar o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como da energia consumida e produzida pelo edifício. Contudo, a introdução de dados no *EnergyPlus* é complexa e trabalhosa, sendo o *DesignBuilder* a interface gráfica que permite a simplificação na introdução de dados para este programa.

O *DesignBuilder*, é um software certificado e desenvolvido no Reino Unido que permite de forma gráfica e visual modelar, com relativa facilidade, o edifício a simular, com todas as suas características, sejam ao nível de arquitetura, sombreamentos, ocupação, atividade humana ou industrial, climatização, produção de energia, consumo de energia, consumo de águas quentes sanitárias, iluminação artificial e natural, ventilação natural, entre outros.

Este *software* torna possível o estudo de várias soluções por forma a otimizar o comportamento térmico e eficiência energética de edifícios, sendo frequentemente utilizado durante a realização do projeto de um edifício, pois desta forma o Projetista pode testar as diversas soluções que pretende utilizar no edifício, e também testar outras alternativas, de modo a verificar qual a melhor solução para cada caso.

Sendo o principal objetivo do presente trabalho o estudo de soluções técnicas que permitam tornar uma moradia num NZEB, o programa *DesignBuilder* é o que se revela mais adequado para avaliar a viabilidade das várias soluções técnicas atingirem o objetivo NZEB.

A versão de *DesignBuilder* utilizada neste trabalho é a 7.0, associada à versão 9.4 do *EnergyPlus* (Figura 2.5).



Figura 2.5 - Versão utilizada do *DesignBuilder/EnergyPlus* [30]

Na elaboração dos cálculos, o *EnergyPlus* utiliza o conceito de “zona”. Define-se “zona” como um conjunto de espaços que se encontram sujeitos ao mesmo controlo térmico. As diferentes “zonas” de uma determinada construção podem interagir termicamente entre si. Uma das vantagens do *EnergyPlus* consiste na sua versatilidade quanto à possibilidade de utilizar um elevado número de parâmetros para efeito da análise térmica e de permitir ainda, contrariamente ao método sazonal, a avaliação de um número ilimitado de zonas térmicas do edifício ou até pertencentes à mesma fração autónoma.

O *EnergyPlus* determina o balanço energético de uma zona térmica aplicando a Equação 2.9. Esta equação permite calcular a variação da energia armazenada na zona ao longo do tempo.

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{si}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{sup}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z) + \dot{Q}_{sys} \quad (2.9)$$

Onde:

- $C_z \frac{dT_z}{dt}$ representa a energia armazenada na zona térmica [W].
- $\sum_{i=1}^{N_{si}} \dot{Q}_i$ é o somatório das cargas internas por convecção [W].
- $\sum_{i=1}^{N_{sup}} h_i A_i (T_{si} - T_z)$ representa a transferência de calor por convecção das superfícies da zona térmica [W].
- $\sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z)$ é a transferência de calor devido a infiltrações do ar exterior [W].
- $\dot{Q}_{sys} = \dot{m}_{sys} C_p (T_{sup} - T_z)$ é o fluxo de calor associado aos sistemas de aquecimento/arrefecimento [W].

Desta forma, a Equação 2.9 representa o balanço de energia nas zonas térmicas, refletindo a variação da energia armazenada, que é influenciada por vários fatores: pelos ganhos internos de calor, pela perda ou ganho de calor através das superfícies, pelos ganhos ou perdas de calor devido a infiltrações de ar e pela ação do sistema de climatização.

A Equação 2.9 assume que a taxa de fluxo de ar que entra na zona é igual à soma das taxas de fluxo de ar que saem da zona, garantindo a conservação da massa de ar. Ambos os fluxos de ar saem da zona à temperatura média do ar na zona, assegurando que o modelo de balanço energético seja o mais realista possível.

Para compreender melhor o funcionamento do programa é fundamental perceber como funciona a hierarquia de dados. Os modelos do *DesignBuilder* estão organizados numa hierarquia de dados simples que facilita a gestão e configuração das informações, conforme apresentado na Figura 2.6.

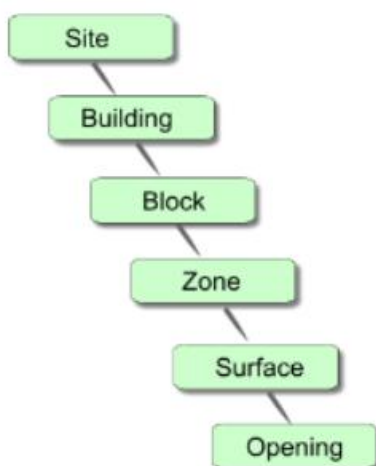


Figura 2.6 - Hierarquia de dados do *DesignBuilder* [32]

O termo *Site* diz respeito à localização do edifício. O termo *Building* consiste no modelo construído. O termo *Block* refere-se às formas geométricas básicas do *DesignBuilder*, que são delimitadas pelas paredes exteriores da construção. O termo *Zone* refere-se às zonas criadas a partir da divisão dos blocos e caracterizam ambientes com diferentes características de uso ou climatização. O termo *Surface* refere-se às superfícies que formam as zonas. Por fim, o termo *Opening* refere-se às aberturas ou vãos. Estes elementos são os últimos a serem criados e podem ser gerados de forma individual ao nível da superfície. Todas estas ferramentas aliadas com a estrutura hierarquizada permitem que se defina e altere rapidamente as características do edifício, desde o nível mais geral ao mais particular.

Nesta hierarquia, os dados predefinidos são herdados do nível superior, o que significa que:

- Os dados do nível do edifício (*Building*) são herdados do nível da localização (*Site*);
- Os dados do bloco (*Block*) são herdados do nível do edifício (*Building*);
- Os dados da zona (*Zone*) são herdados dos dados do bloco (*Block*);
- Os dados da superfície (*Surface*) são herdados dos dados da zona (*Zone*).

Esta organização hierárquica permite uma gestão eficiente das configurações, pois alterações feitas a um nível superior são automaticamente aplicadas aos níveis inferiores. Isto

simplifica o processo de configuração e assegura a consistência nos dados utilizados para a simulação energética do edifício.

Desta forma, em alinhamento com a hierarquia de dados, para obter os resultados desejados na simulação energética do edifício com o *software DesignBuilder*, é imprescindível a introdução adequada dos dados de entrada que caracterizam o edifício. Estes dados são introduzidos no programa através de cinco separadores específicos:

- *"Layout"* - Neste separador, define-se a geometria do modelo computacional do edifício;
- *"Activity"* - Dados referentes ao tipo de atividade realizada em determinada zona. Inclui informações sobre horários e densidade de ocupação, densidade de iluminação, densidade de equipamentos, taxa de metabolismo, consumo de água quente sanitária, volume de ar novo insuflado, entre outros fatores;
- *"Construction"* - Este separador permite a especificação dos parâmetros construtivos do edifício, como paredes exteriores e interiores, pavimento e cobertura. É possível detalhar todos os aspetos das soluções construtivas, incluindo material, espessura, coeficiente de condutividade térmica, densidade, entre outros.
- *"Openings"* - Neste separador são introduzidos os dados relativos às aberturas do edifício, como janelas, proteções opacas exteriores ou interiores, portas e tipos de vidro.
- *"Lighting"* - Neste separador, inserem-se os dados referentes à iluminação;
- *"HVAC"* - Por fim, neste separador inserem-se os dados referentes aos equipamentos de climatização, aquecimento de águas sanitárias, ventilação natural e mecânica.

Após a introdução de todos estes dados, o *DesignBuilder* realiza o cálculo da carga de aquecimento (em *Heating Design*) e arrefecimento (em *Cooling Design*), utilizando o *EnergyPlus* como base de cálculo. Posteriormente, após a seleção e definição de todos os sistemas, é possível realizar uma simulação energética do edifício (em *Simulation*).

Os resultados do programa são apresentados através de gráficos ou tabelas, sendo possível a escolha do tipo de informação que se obtém após a simulação (exemplo: consumos totais, consumos parciais, temperatura, conforto, entre outros).

Através dos resultados obtidos da simulação energética, é possível avaliar o edifício quanto ao cumprimento dos requisitos NZEB e a identificação de potenciais melhorias para a eficiência energética.

Outra das vantagens deste programa é a possibilidade de definir os intervalos de tempo entre cálculos, assim como o período de simulação pretendido, permitindo ainda realizar simulações por intervalos de tempo inferiores a uma hora (no máximo é possível realizar simulações minuto a minuto), o que permite calcular com exatidão o comportamento térmico do edifício ao longo de um dia.

CASO DE ESTUDO

3.1 Enquadramento

A procura por soluções habitacionais que conciliem sustentabilidade, eficiência energética e inovação tem vindo a ganhar prioridade no atual cenário da construção civil. Neste contexto, a presente dissertação propõe-se a estudar as potencialidades técnicas que possam ser implementadas para tornar uma moradia unifamiliar num NZEB.

A habitação em estudo é um edifício novo, construído pela empresa ModTech [33] e caracteriza-se por uma construção modular, pré-fabricada, que se destaca pela adoção de princípios de construção industrializada, sustentável e evolutiva. Trata-se de uma moradia unifamiliar T3, localizada em Loures, que se encontra de momento em fase de construção. Na Figura 3.1 apresenta-se a modelação tridimensional da casa de Loures.

O sistema de construção da ModTech foi desenvolvido e testado durante nove anos, nos laboratórios científicos europeus LNEC e RISE, resultando nos painéis patenteados UNUSHOUSE e no sistema construtivo inovador CIRCULARBUILD [33].

Através do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), o sistema foi testado para comprovar que está de acordo com a normativa europeia no que diz respeito a Sismos, Ventos, Fogo e Estabilidade. Através do laboratório norueguês, RISE, foram realizados ensaios de reação ao fogo do sistema, permitindo aferir a resistência e o comportamento do sistema quando exposto ao fogo, tendo sido obtidos resultados bastante positivos.

Os painéis utilizados nesta construção modular desempenham um papel fundamental, representando uma abordagem inovadora, particularmente no que diz respeito à eficiência térmica e estrutural. O sistema de montagem destes painéis é realizado por encaixe, sem necessidade de fixações mecânicas. Adicionalmente, o sistema construtivo adotado baseia-se em

princípios de economia circular, com o objetivo de prolongar ao máximo a vida útil dos materiais utilizados na construção.

Considerando a eficiência já elevada da construção modular do edifício real, optou-se por definir uma abordagem específica para o presente trabalho. Com o intuito de estudar e analisar a influência da construção modular utilizada no edifício em estudo, inicialmente será considerado, para efeitos exclusivos deste trabalho, que o caso de estudo diz respeito a um edifício novo de construção típica portuguesa, nomeadamente, em relação à constituição das paredes exteriores e interiores, da cobertura e do pavimento.

Posteriormente, esta abordagem permitirá estudar o mesmo edifício, mas considerando os painéis modulares da ModTech na envolvente do edifício, surgindo assim a primeira medida de melhoria que poderá aproximar ou mesmo tornar o edifício num NZEB.

Desta forma, foram definidos os seguintes passos:

1 - Inicialmente, o edifício previsto neste trabalho será considerado um edifício novo, mas com uma construção típica portuguesa. A arquitetura utilizada será a mesma projetada para a casa modular, necessitando de ajustes para se adequar às características da construção tradicional. Este processo de calibração permitirá uma comparação justa entre os dois métodos construtivos.

2 - Uma vez definido completamente o edifício previsto, em termos de construção, sistemas técnicos, e outros parâmetros relevantes, será realizada uma avaliação do seu desempenho energético. Esta análise permitirá analisar a eficiência energética da construção tradicional antes de se introduzirem quaisquer melhorias.

3 - Com base nos resultados da avaliação energética do edifício previsto, serão propostas várias medidas de melhoria. Algumas dessas medidas serão inspiradas nas soluções já adotadas na habitação modular real, nomeadamente a solução de construção modular utilizada.

4 - O principal foco deste trabalho incidirá na comparação da eficiência energética entre as duas construções distintas: a construção tradicional e a construção modular. O edifício previsto será comparado com a moradia modular da empresa ModTech, permitindo analisar o impacto das diferentes técnicas construtivas na eficiência energética e determinar se a utilização dos painéis modulares da ModTech representa uma vantagem significativa em comparação com a construção típica.

Esta análise contribuirá para uma melhor compreensão das vantagens da construção modular da ModTech em termos de sustentabilidade e eficiência energética, destacando a importância de adotar práticas inovadoras no setor da construção civil.



Figura 3.1 - Casa de Loures (Modelação 3D) [33]

De forma a cumprir os objetivos propostos foi estabelecida uma metodologia a seguir ao longo do trabalho, apresentada na Figura 3.2.

Na primeira etapa é realizada a caracterização da moradia, onde é efetuado um estudo da arquitetura, da sua envolvente, das suas instalações especiais, e são também estabelecidos os perfis de ocupação e utilização da mesma.

Na segunda etapa, será desenvolvido o modelo computadorizado da moradia em estudo, utilizando o software *DesignBuilder*.

De seguida, são selecionadas as soluções técnicas que melhor se adequam ao objetivo proposto.

Posteriormente, é efetuada a simulação correspondente às soluções técnicas propostas.

Na Etapa 5 serão analisados os resultados obtidos na Etapa 4 (simulação) e verifica-se se a solução simulada cumpre o objetivo NZEB. Caso este se verifique a solução é aprovada, caso contrário volta-se à etapa 3, onde é efetuada uma otimização da solução anteriormente

simulada. É assim estabelecido um processo iterativo até as soluções propostas enquadrarem os critérios de um NZEB.

De notar que as várias etapas descritas anteriormente encontram-se todas interligadas, sendo dependentes umas das outras. Neste sentido, torna-se crucial que as primeiras etapas sejam definidas corretamente antes de se passar para a etapa seguinte.

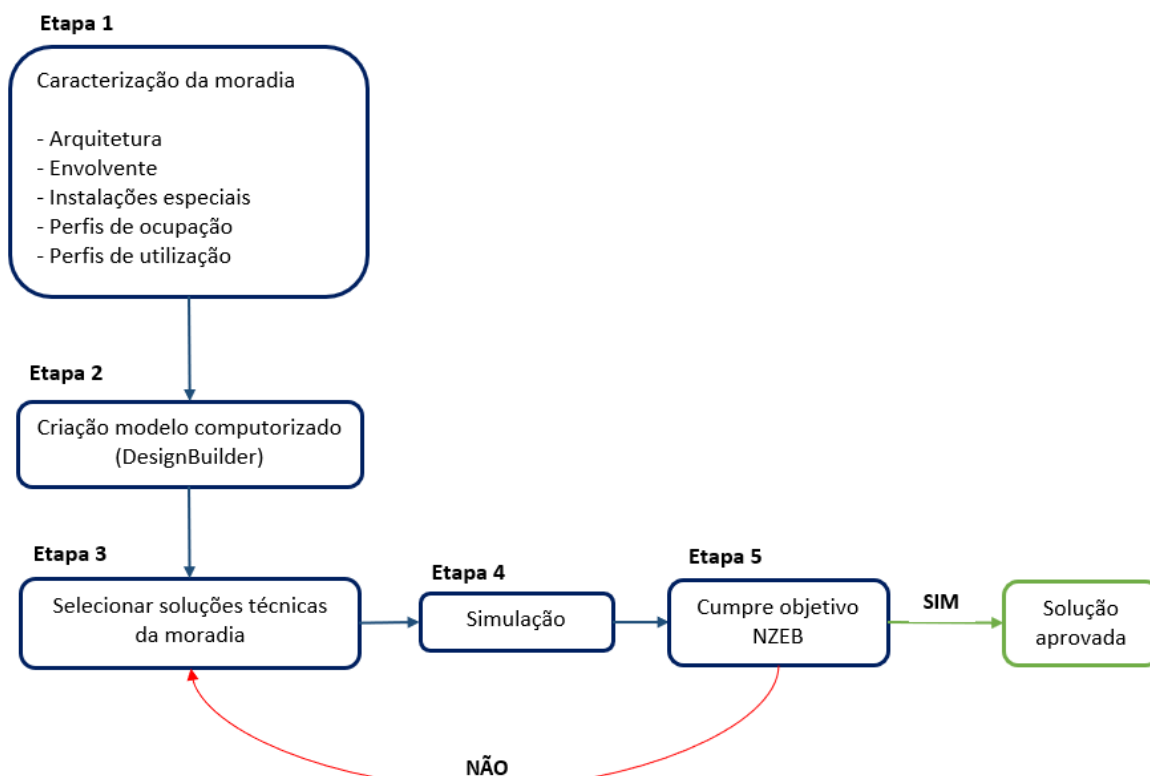


Figura 3.2 - Metodologia estabelecida para atingir o objetivo NZEB

3.2 Caracterização geral do edifício

O edifício previsto neste trabalho é um edifício novo, com uma construção típica portuguesa. A arquitetura utilizada será a mesma projetada para a casa modular, necessitando de ajustes para se adequar às características da construção tradicional.

Trata-se de um edifício de habitação unifamiliar, de tipologia T3, constituído por 1 piso útil, possuindo fachadas nas orientações Noroeste, Nordeste, Sudoeste e Sudeste. A fração

autónoma é composta por um piso térreo com a seguinte distribuição de espaços: Área técnica, Cozinha, Sala, Quarto 1, Quarto 2, Quarto 3, Closet, I.S.1, I.S.2, Closet, Hall e Circulação.

Possui uma área de lote de 366,92 m², com área bruta de construção 128,28 m² e uma área útil total de pavimento de 106,9 m². As plantas do edifício podem ser consultadas no Anexo A. Na Tabela 3.1 apresenta-se a lista de espaços do edifício.

Tabela 3.1 - Lista de espaços do edifício em estudo

Designação	Área [m ²]	Pé direito [m]	Volume [m ³]
Área técnica	5,80	2,50	14,50
Cozinha	10,00	2,50	25,00
Sala	25,60	2,50	64,00
Quarto 1	13,20	2,50	33,00
Quarto 2	9,15	2,50	22,88
Quarto 3 (Suite)	14,00	2,50	35,00
Closet	5,40	2,50	13,50
I.S. 1	7,20	2,50	18,00
I.S. 2	4,70	2,50	11,75
Hall	7,80	2,50	19,50
Circulação	4,05	2,50	10,13

3.3 Localização geográfica e Clima

O edifício em estudo localiza-se em São Julião do Tojal, na freguesia Santo Antão e São Julião do Tojal, concelho de Loures, com as seguintes coordenadas geográficas: 38° 52' 06,5" N, 9° 07' 11,4" O e a uma altitude de 58 m.

O zoneamento climático de Portugal é baseado na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril de 2008. A moradia em estudo está situada no concelho de Loures, correspondendo ao NUTS III – Grande Lisboa.

Por forma a cumprir os requisitos de qualidade térmica da envolvente e dos indicadores de conforto térmico é necessário determinar as zonas climáticas associados ao local do edifício em estudo. Existem duas classificações para as zonas climáticas: Inverno (I) e Verão (V). No lado

esquerdo da Figura 3.3 está representada a zona climática no inverno, encontrando-se definida por três tipos: I1, I2 e I3, sendo que o tipo I1 corresponde a locais com menores necessidades de aquecimento no inverno, enquanto os locais do tipo I3 terão necessidades mais elevadas. Analogamente, a zona climática no verão, encontra-se dividida em: V1, V2 e V3, representadas do lado direito da Figura 3.3, onde os locais do tipo V3 terão necessidades de arrefecimento maiores do que as regiões do tipo V1 [34].

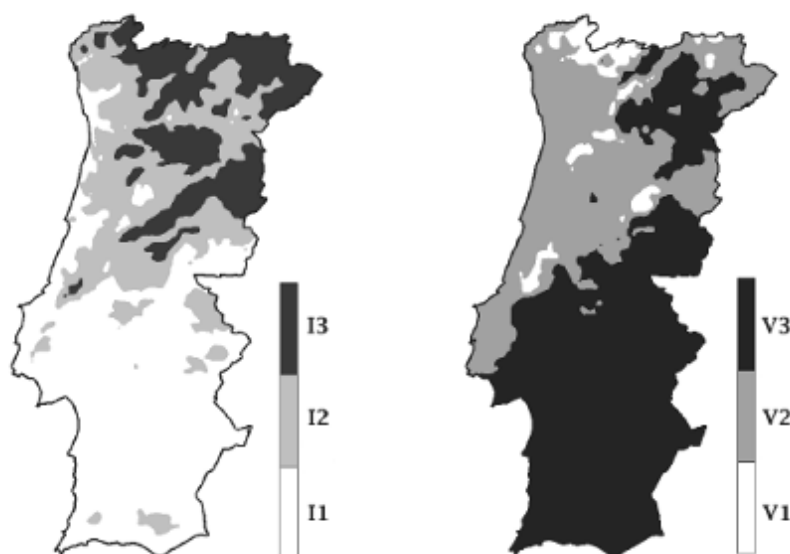


Figura 3.3 - Zonas climáticas de inverno e verão em Portugal [34]

Por forma a determinar os valores dos parâmetros climáticos (X) e respetivas zonas climáticas associadas a um determinado local, é necessário conhecer os valores de referência (X_{REF}) para cada NUTS III e ajustá-los com base na altitude desse local (z). As correções de altitude são do tipo linear, com declive α , proporcionais à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência (z_{REF}) para a NUTS III, segundo a Equação 3.1.

$$X = X_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) \quad (3.1)$$

Em que:

X – Parâmetro climático a corrigir;

X_{REF} – Parâmetro climático à cota de referência;

α – Declive que relaciona a diferença de altitudes [mês/km] ou [°C/km];

z – Altitude do edifício [km];

z_{REF} – Altitude de referência [km].

3.3.1 Parâmetros climáticos da estação de aquecimento

A determinação da zona climática de inverno, segundo o método sazonal, é realizada a partir do número de Graus Dias (GD) na estação de aquecimento, na base de 18 °C, através dos critérios estabelecidos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Zona climática inverno (adaptado de [29])

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

Tabela 3.3 - Valores de referência para a estação de aquecimento (adaptado de [29])

NUTS III	z_{REF} m	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sul} kWh/ (m ² .mês)
		M_{REF} meses	α mês/km	GD_{REF} °C	α °C/km	$\theta_{ext,i,REF}$ °C	α °C/km	
Grande Lisboa	109	5,3	3	1 071	1 700	10,8	-4	150

A partir da Equação 3.1 e consulta da Tabela 3.3 são estabelecidos os seguintes parâmetros climáticos referentes à estação de aquecimento para o local em estudo:

- Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18 °C (GD):

$$GD = GD_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) = 1071 + 1700 \times (0,058 - 0,109) = 984 \text{ °C} \quad (3.2)$$

- Duração da estação de aquecimento (M):

$$M = M_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) = 5,3 + 3 \times (0,058 - 0,109) = 5,1 \text{ meses} \quad (3.3)$$

- Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$):

$$\theta_{ext,i} = \theta_{ext,i,REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) = 10,8 + (-4) \times (0,058 - 0,109) = 11,0 \text{ °C} \quad (3.4)$$

- Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento (G_{sul}):

$$G_{sul} = 150 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{mês)} \quad (3.5)$$

De acordo com a Tabela 3.2, verifica-se que a moradia pertence à zona climática de inverno I1, sendo que se obteve $GD \leq 1300 \text{ °C}$.

3.3.2 Parâmetros climáticos da estação de arrefecimento

Relativamente à determinação da zona climática de verão, segundo o método sazonal, esta é definida a partir da temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), conforme os critérios apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Zona climática verão (adaptado de [29])

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

Tabela 3.5 - Valores de referência para a estação de arrefecimento (adaptado de [29])

NUTS III	z_{REF} m	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v REF}$ °C	α °C/km	0° H	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SO	90° O	90° NO
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365

A partir da Equação 3.1 e consulta da Tabela 3.5 são estabelecidos os seguintes parâmetros climáticos referentes à estação de arrefecimento:

- Temperatura exterior média na estação de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$):

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) = 21,7 + (-10) \times (0,058 - 0,109) = 22,2\text{ °C} \quad (3.6)$$

- Energia solar média incidente numa superfície horizontal (inclinação 0 °C) e em superfícies verticais (inclinação 90 °C) para os quatro cardeais e os quatro colaterais, acumulada durante a estação de arrefecimento (G_{sol}): valores apresentados na Tabela 3.5;
- Duração da estação de arrefecimento (L_v): toma um valor fixo de 4 meses (junho, julho, agosto e setembro), correspondendo a um total de 2928 horas.

Uma vez que se obteve $\theta_{ext,v} > 22\text{ °C}$, verifica-se que a zona climática de verão da moradia corresponde a V3.

Na Tabela 3.6 apresentam-se os dados geográficos e climáticos do edifício em estudo.

Tabela 3.6 - Dados geográficos e climáticos do edifício em estudo

Latitude	38° 52' 06,5" N
Longitude	9° 07' 11,4" O
Altitude	58 m
Graus-dia (18°C)	984 °C
Temperatura média exterior inverno	11,0 °C
Temperatura média exterior verão	22,2 °C
Zona Climática de inverno	I1
Zona Climática de verão	V3
Duração da estação de aquecimento	5,1 meses
Duração da estação de arrefecimento	4,0 meses

3.4 Caracterização da envolvente

A transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios, quer sejam as perdas de calor através dos elementos construtivos da envolvente no Inverno, quer os ganhos indesejáveis de calor através dos mesmos elementos no Verão, são fenómenos que muito influenciam o comportamento térmico dos edifícios.

Assim sendo, numa fase inicial do projeto, foram estabelecidos todos os elementos construtivos da moradia, assim como foi efetuado o cálculo do coeficiente global de transmissão de calor dos vários elementos do edifício, através dos quais o edifício ganha e perde energia, conforme a diferença entre a temperatura interior e exterior ao edifício. Adicionalmente, será também feita referência às trocas de calor através de vãos envidraçados do edifício, uma vez que estes têm uma influência significativa no balanço energético.

A definição das soluções construtivas da envolvente teve em consideração não só os requisitos mínimos estabelecidos pela legislação em vigor do SCE, como também as condicionantes da arquitetura.

3.4.1 Envolvente opaca

O cálculo do coeficiente global de transmissão térmica de elementos construtivos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é estabelecido segundo a Norma EN ISO 6946, segundo a Equação 3.7.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.7)$$

Onde:

U - Coeficiente global de transmissão térmica, $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

R_j - Resistência térmica da camada j , $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$;

R_{si} - Resistência térmica interior, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$;

R_{se} - Resistência térmica exterior, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$.

Quando existe diferença de temperatura entre as faces interior e exterior de um elemento, a transmissão de calor através dele depende da resistência que cada camada de material que compõe o elemento oferece a essa transmissão. Além da resistência oferecida por cada um dos materiais, duas camadas de ar microscópicas que se encontram nas faces do elemento também afetam a transmissão de calor, designadas por resistências térmicas superficiais.

Os valores das resistências térmicas superficiais (R_{se} e R_{si}) encontram-se tabelados nas publicações do LNEC, nomeadamente no Quadro I.3 do ITE50, página I.11. Dependem dos fenómenos de convecção e da direção do fluxo de calor (horizontal, vertical ascendente e descendente).

Relativamente à resistência térmica interior de um material construtivo (R_j), esta traduz a oposição que a camada de material de um respetivo elemento construtivo oferece à transmissão de calor. Sendo dada pela relação entre a condutibilidade térmica do material e a espessura da camada, através da Equação 3.8.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3.8)$$

Onde:

R - Resistência térmica da camada $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$;

e - Espessura da camada $[m]$;

λ - Condutibilidade térmica do material $[W/(m \cdot ^\circ C)]$.

A condutibilidade térmica, sendo uma característica do próprio material, deve constar na ficha técnica a ser fornecida pelo fabricante. Nas situações em que tal não é possível, a resistência térmica de uma camada pode ser determinada com recurso aos valores de

condutibilidade térmica dos materiais de construção correntes, listados nas publicações do LNEC sobre coeficientes de transmissão térmica de elementos das envolventes dos edifícios (Anexo I do ITE 50). Existem situações em que os elementos construtivos são compostos por materiais não homogéneos, como por exemplo tijolos cerâmicos furados, lajes aligeiradas, entre outros. Nestas situações, o fabricante ensaia o material como um todo e fornece na ficha técnica o valor da resistência térmica do material.

Por forma a tornar o mais realista possível a definição de uma envolvente tipicamente existente em Portugal recorreu-se ao Anexo II do ITE 50, sendo que as soluções apresentadas no referido documento podem considerar-se representativas das soluções mais correntes utilizadas na construção de edifícios no nosso País.

Desta forma, foi considerado que a envolvente do edifício em estudo caracteriza-se por paredes exteriores duplas de alvenaria de tijolo, paredes interiores de alvenaria típicas, pavimento sobre espaço exterior com isolamento térmico pelo interior e cobertura horizontal (em terraço) com isolamento térmico pelo exterior.

Para o edifício ser o mais similar possível a um edifício de construção típica portuguesa e de forma a considerar todos os elementos que influenciam o seu desempenho térmico, foi assumido que a moradia é constituída por dois pilares e uma viga em cada fachada (pilares e vigas de 30x30 cm). Esta é uma hipótese simplificativa de forma a ter em conta o peso destes elementos na construção.

No Anexo B apresenta-se o cálculo do coeficiente global de transmissão térmica das paredes exteriores, dos pilares/vigas, das paredes interiores, do pavimento e da cobertura exterior, tendo em conta a composição e características térmicas destes elementos construtivos.

Na Tabela 3.7 apresenta-se a caracterização de cada fachada da envolvente opaca do edifício, a qual depende de todos os seus elementos constituintes. Ou seja, uma fachada é composta pela sua parede exterior, pode possuir vãos envidraçados, e assumiu-se que tem dois pilares e uma viga. Assim, para determinar a influência da envolvente opaca no comportamento térmico do edifício, é necessário calcular as áreas efetivas das paredes e das pontes térmicas planas. A área efetiva das paredes exteriores (PDE) é determinada subtraindo à área total da parede as áreas dos vãos envidraçados e dos pilares e viga. Por outro lado, a área efetiva das pontes térmicas planas (PTPPDE) corresponde à soma das áreas dos pilares e da viga.

Na Tabela 3.7, 'PDE1' diz respeito às paredes exteriores definidas para o edifício em análise, correspondendo a uma parede dupla com isolamento térmico preenchendo totalmente a caixa de ar. E 'PTPPDE1' é referente às pontes térmicas planas. Na Figura 3.4 apresenta-se a

identificação de cada fachada conforme a sua orientação, onde foi utilizado um código de cores para identificar cada fachada de acordo com a orientação em que o edifício se encontra inserido.

Tabela 3.7 - Caracterização de cada fachada da envolvente opaca

Ref. fachada	Ref. solução	Orientação	Área Efetiva [m ²]	U [W/ m ² . °C]
1	PDE1	Oeste	17,96	0,42
	PTPPDE1	Oeste	4,89	0,72
2	PDE1	Norte	16,53	0,42
	PTPPDE1	Norte	3,53	0,72
3	PDE1	Este	2,43	0,42
	PTPPDE1	Este	1,61	0,72
4	PDE1	Norte	11,03	0,42
	PTPPDE1	Norte	2,64	0,72
5	PDE1	Este	15,87	0,42
	PTPPDE1	Este	4,60	0,72
6	PDE1	Sul	11,85	0,42
	PTPPDE1	Sul	2,74	0,72
7	PDE1	Oeste	5,00	0,42
	PTPPDE1	Oeste	1,92	0,72
8	PDE1	Sul	2,97	0,42
	PTPPDE1	Sul	2,13	0,72
9	PDE1	Este	5,00	0,42
	PTPPDE1	Este	1,92	0,72
10	PDE1	Sul	10,85	0,42
	PTPPDE1	Sul	2,62	0,72

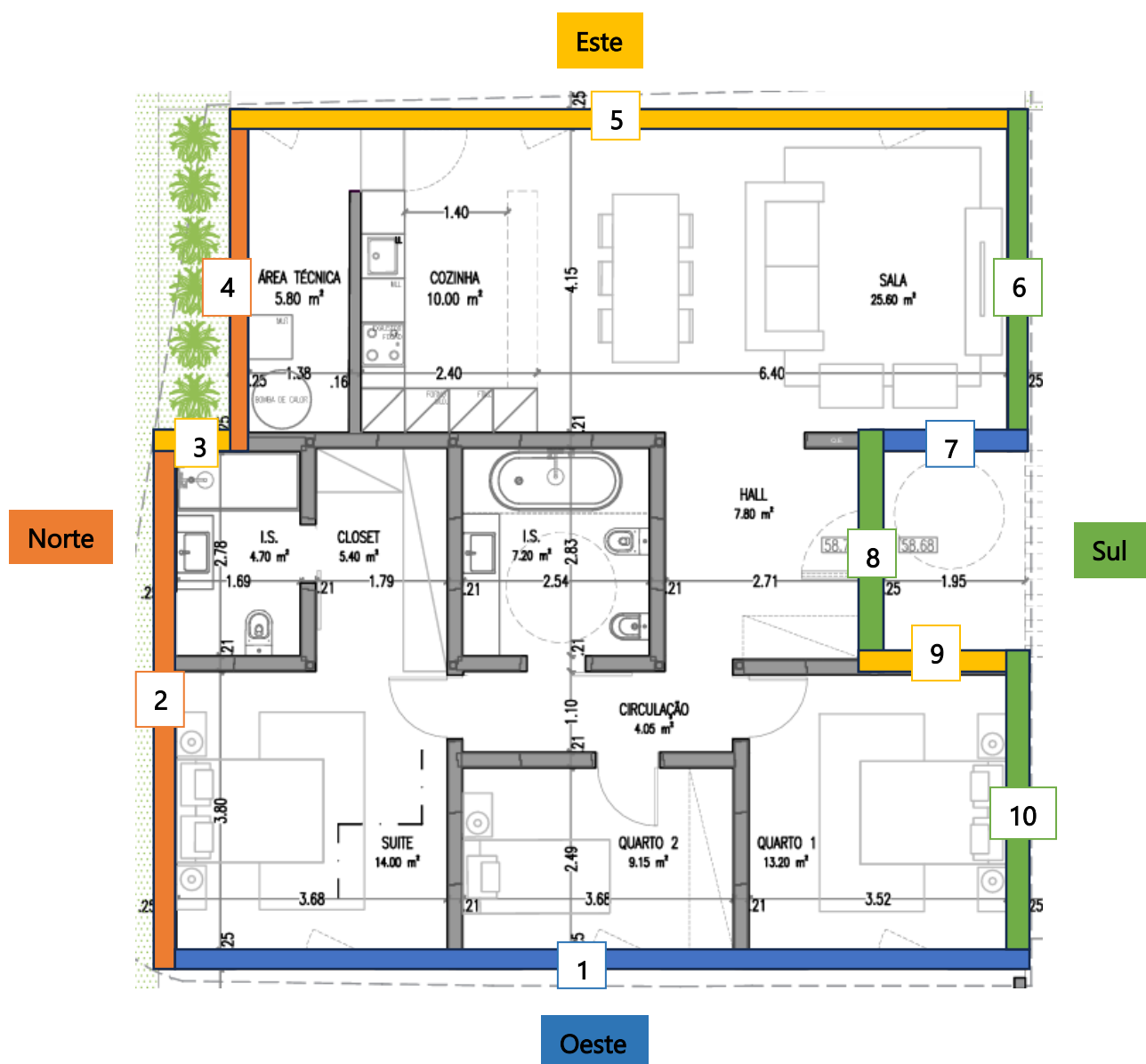


Figura 3.4 - Identificação de cada fachada conforme a sua orientação

3.4.2 Pontes térmicas lineares

As Pontes térmicas lineares (PTL) devem ser caracterizadas nos edifícios de habitação e, opcionalmente, nos edifícios de comércio e serviços. Estas são zonas de ligação entre diferentes elementos construtivos da envolvente de um edifício com diferente geometria ou diferentes propriedades térmicas, que, geralmente, se caracterizam por um aumento no fluxo de calor e, consequentemente, uma diminuição das temperaturas superficiais interiores responsável pela ocorrência de condensações superficiais e o aparecimento de patologias no interior dos edifícios.

O fluxo de calor que atravessa uma PTL, em regime estacionário, pode ser determinado através do respetivo coeficiente de transmissão térmica linear, (Ψ), determinado com recurso aos valores tabelados no Manual SCE [29].

A caracterização das pontes térmicas lineares exteriores para o edifício em estudo é apresentada na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Caracterização das pontes térmicas lineares exteriores

Ref. Solução	Tipo de solução	Método	Comprimento [m]	Ψ [W/m. °C]
PTLE1	Fachada com pavimentos térreos	Valores tabelados	37,48	0,80
PTLE2	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje da cobertura	Valores tabelados	51,38	1,00
PTLE3	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores tabelados	17,50	0,50
PTLE4	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	Valores tabelados	35,16	0,10

3.4.3 Inércia térmica

Apresentada a constituição dos elementos das envolventes da habitação, torna-se essencial destacar a importância que os materiais de construção têm em relação à inércia térmica. A inércia térmica de um material é a capacidade de este reter o calor. Assim, a inércia térmica de um edifício refere-se à sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência de calor. Isto deve-se à capacidade dos elementos construtivos de acumularem calor.

Desta forma, a inércia térmica interior varia em função da massa superficial útil por metro quadrado de área útil de pavimento (I_t), e é calculada através da Equação 3.9.

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (3.9)$$

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].

Obteve-se um valor de I_t de $223,78 \text{ kg}/\text{m}^2$ para o edifício em estudo, resultando numa classe de inércia térmica Média. Este cálculo é apresentado no Anexo C.

3.4.4 Envolvente envidraçada

A envolvente envidraçada é um dos elementos que mais influencia o desempenho térmico de um edifício. Esta permite ganhos térmicos no ambiente interior através dos ganhos solares no verão, mas também pode provocar perdas térmicas significativas para o exterior no inverno.

Assim, os dois principais parâmetros climáticos que determinam a transferência de calor através dos vãos envidraçados são a temperatura do ar exterior e a radiação solar.

Deste modo, o desempenho térmico de um vão envidraçado pode ser avaliado através do seu coeficiente de transmissão térmica (U) e do fator solar do vidro ($g_{\perp, vi}$). O coeficiente de transmissão térmica é uma medida da quantidade de fluxo de calor que se perde, enquanto o fator solar de um vidro é a razão entre a energia total que entra num local através desse vidro e a energia solar incidente. Esta energia total é a soma da energia solar que entra por transmissão direta ou indireta.

O edifício em análise possui oito vãos envidraçados, todos com as mesmas características, diferindo apenas nas suas dimensões. Na Tabela 3.9 são apresentados os vãos existentes por divisão consoante a sua orientação e área envidraçada.

Tabela 3.9 - Vãos envidraçados exteriores do edifício em estudo

ID vão	Divisão	Orientação	Área envidraçada [m ²]
1	Hall	Sul	1,50
2	Sala	Este	5,83
3	Cozinha	Este	3,95
4	Área técnica	Este	1,67
5	I.S.2	Norte	1,92
6	Quarto 1	Oeste	3,93
7	Quarto 2	Oeste	3,93
8	Quarto 3 (Suite)	Oeste	3,93

As características técnicas dos vãos envidraçados e caixilharia foram fornecidas pelos fabricantes e encontram-se apresentadas no Anexo D as referidas fichas técnicas.

A Tabela 3.10 apresenta a caracterização dos vãos envidraçados exteriores do edifício, que utilizam vidro duplo do tipo "Mediterran 2 com Multiprotect", relativo a um vidro duplo com proteção solar. O coeficiente de transmissão térmica (U_w) é de 1,2 W/m².°C. O fator solar da área transparente para uma incidência perpendicular da radiação no vão envidraçado ($g \perp, vi$), é de 0,47, refletindo a quantidade de energia solar transmitida. Considerou-se ainda que todos os vãos envidraçados dispõem de proteção pelo exterior adicional, com lona opaca de cor média.

Tabela 3.10 - Caracterização dos vãos envidraçados exteriores

Solução	U_w	U_{wdn}	$g \perp, vi$	g_{tot}	FS Global Prot. Perm. ($G_{tot,p}$)	Classe da Caixilharia	Tipo de vidro	Fração envidraçada (Fg)
VE1	1,2	1,15	0,47	0,06	0,47	4	Duplo	0,65

3.5 Cargas internas

As cargas térmicas internas de um edifício são determinadas pela quantidade de calor latente e/ou sensível gerada ao longo do tempo pelas fontes de calor internas, estando diretamente relacionadas à ocupação, iluminação e equipamentos presentes nos espaços do edifício.

Os ganhos internos resultantes da atividade humana variam conforme a ocupação e as atividades praticadas pelos ocupantes no edifício. Em relação à iluminação e equipamentos presentes nos espaços de um edifício, estes não consomem apenas energia, mas também emitem calor para o ambiente, desempenhando um papel significativo na contribuição térmica, assim como no desempenho energético do edifício.

No que diz respeito à legislação, segundo o REH (Regulamento dos edifícios de habitação), no método sazonal, os ganhos internos para edifícios de habitação assumem um valor fixo de 4 W/m^2 . Por outro lado, para edifícios de comércio e serviços, o RECS (Regulamento dos edifícios de comércio e serviços) define os ganhos em função de perfis horários padrão de ocupação, iluminação e equipamentos.

No presente trabalho, uma vez que o edifício em estudo se trata de um edifício de habitação optou-se por decompor os ganhos, em ocupação, iluminação e equipamentos. Visto que na legislação portuguesa não existem perfis horários padrão para edifícios de habitação, estes foram arbitrados de forma mais realista possível. Esta abordagem permite uma análise mais precisa e adaptada às características específicas do edifício em questão.

3.5.1 Ocupação

Dado que o edifício em análise corresponde a uma habitação unifamiliar, de tipologia T3, de acordo com o número de ocupantes convencionais em função da tipologia, estabelece-se que o número total de ocupantes é igual a quatro pessoas. Desta forma, com o intuito de aproximar o edifício o mais possível à realidade, foi definida uma rotina diária típica para uma família de quatro pessoas, considerando que esta é constituída por dois adultos e duas crianças.

Na Tabela 3.11 apresenta-se o índice de ocupação para as várias divisões do edifício, sendo este obtido pela razão entre o número de ocupantes e a área do espaço ocupado. O critério estabelecido foi considerar os quatro ocupantes do edifício em todas as suas divisões. Posteriormente esta ocupação é ajustada através dos perfis de ocupação estabelecidos que consideram que os espaços não são ocupados em simultâneo.

Segundo o Manual SCE [29], entende-se por ocupação permanente como aquela em que se verifique presença humana superior, em média, duas horas por dia durante o período de funcionamento do espaço e que cumulativamente, apresente uma densidade superior a 0,025 ocupantes/ m^2 . Assim, o hall, o corredor de circulação e a área técnica são espaços sem permanência de ocupantes e por isso não foi considerada ocupação para estes casos. De notar que a sala e a cozinha constituem um único espaço, devido à inexistência de separação física total entre estes espaços (tratando-se de um *openspace*). O mesmo sucede para a suite e closet.

Na mesma tabela apresenta-se ainda a taxa metabólica dos ocupantes em função da atividade realizada em cada zona. Estes valores correspondem a valores médios observados em ensaios fisiológicos que traduzem situações correntes, permitindo calcular a quantidade total de calor produzido pelos ocupantes.

Tabela 3.11 - Índice de ocupação e taxa metabólica considerada para as várias divisões do edifício em estudo

Designação	Área [m^2]	Índice de ocupação [pessoas/ m^2]	Tipo de atividade	Taxa metabólica [W/pessoa]
Sala + Cozinha	35,60	0,11	Moderada	180
Quarto 1	13,20	0,30	Descanso	90
Quarto 2	9,15	0,44	Descanso	90
Suite + Closet	19,40	0,21	Descanso	90
I.S. 1	7,20	0,56	Sedentária	108
I.S. 2	4,70	0,85	Sedentária	108

Em relação aos perfis de ocupação arbitrados, e uma vez que se trata de uma habitação unifamiliar, considerou-se que estes são bastante reduzidos durante a maior parte do dia, para os dias úteis, sendo significativamente superiores nos fins-de-semana e feriados. Os perfis foram estabelecidos através de valores percentuais ao longo das horas do dia, onde 100% de ocupação corresponde à presença dos 4 ocupantes no mesmo espaço, 75% de ocupação corresponde a 3 pessoas, 50% a 2 pessoas, 25% a 1 pessoa e 0% corresponde ao período em que a divisão está desocupada.

Os perfis estabelecidos encontram-se apresentados na Figura 3.5, na Figura 3.6, na Figura 3.7, e na Figura 3.8, para o caso da Sala+Cozinha, da Suite, do Quarto 1/Quarto 2, e da I.S.1/I.S.2, respetivamente. Note-se que os perfis definidos para cada zona são dependentes uns dos outros, de forma a ter em consideração a distribuição dos quatro ocupantes pelas várias divisões.

No espaço Sala+Cozinha, a ocupação foi estabelecida com base em diversos pontos. Durante os dias úteis, entre as 8h00 e as 17h00, considerou-se que os ocupantes normalmente não estão em casa. Contudo, durante os dias úteis, são realizadas duas refeições: o pequeno-almoço e o jantar. Nestes momentos, a ocupação atinge os 100%, ou seja, os quatro ocupantes estão presentes nesta divisão. Além disso, a ocupação da cozinha foi tida em consideração durante o período de preparação das refeições. Já nos fins de semana, são realizadas três refeições neste espaço: o pequeno-almoço, o almoço e o jantar, mantendo-se a ocupação de 100% durante estes períodos. Previu-se ainda uma ocupação mais elevada no fim de semana ao longo do dia, em comparação com os dias úteis, devendo-se por exemplo a uma maior utilização da sala. Na Figura 3.5 apresenta-se o perfil de ocupação da Sala+Cozinha definido com base nos critérios estabelecidos.

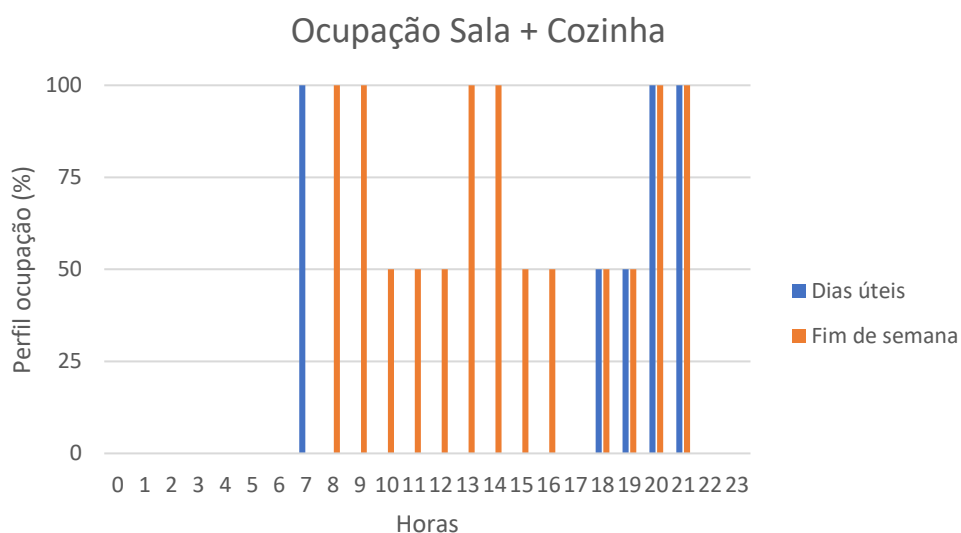


Figura 3.5 - Perfil de ocupação Sala + Cozinha

Os perfis de ocupação considerados para os quartos da habitação apresentam-se na Figura 3.6 e Figura 3.7. Na suite, a ocupação é de 50%, o que significa a presença de duas pessoas, enquanto nos quartos individuais a ocupação é de 25%, com uma pessoa em cada um. Para os dias úteis, apenas existe ocupação nos quartos durante o período noturno, das

22h às 07h. Nos fins de semana, este período de ocupação é estendido até às 08h. Adicionalmente, considerou-se que os quartos 1 e 2 apresentam uma maior ocupação ao longo do dia durante o fim de semana, em comparação com a suite.

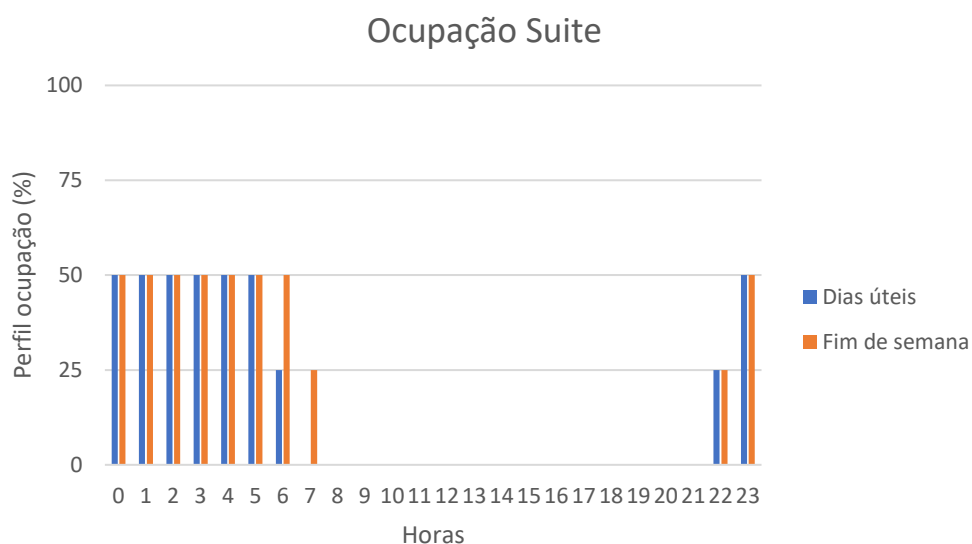


Figura 3.6 - Perfil de ocupação Suite

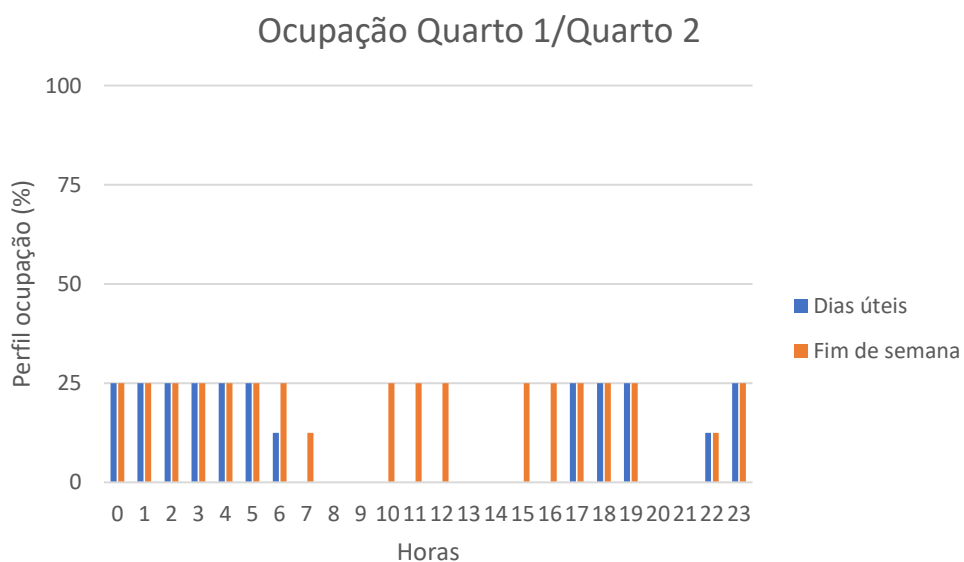


Figura 3.7 - Perfil de ocupação Quarto 1/Quarto 2

Para as instalações sanitárias, tanto para os dias úteis como para o fim de semana, considerou-se que a ocupação é limitada a apenas uma pessoa (25%) de cada vez em cada uma. Considerou-se um período total de ocupação de três horas diárias, distribuído por diferentes horas do dia, igual para as duas instalações sanitárias. Note-se que as horas e duração de tempo em que existe ocupação nas casas de banho podem não corresponder à realidade, sendo apenas representativas para fins de contabilização de ocupação. De referir ainda que foi considerado que a I.S.1 é partilhada pelos ocupantes dos quartos 1 e 2, e a I.S.2 é utilizada pelos ocupantes da suite. Na Figura 3.8 apresenta-se o perfil estabelecido.

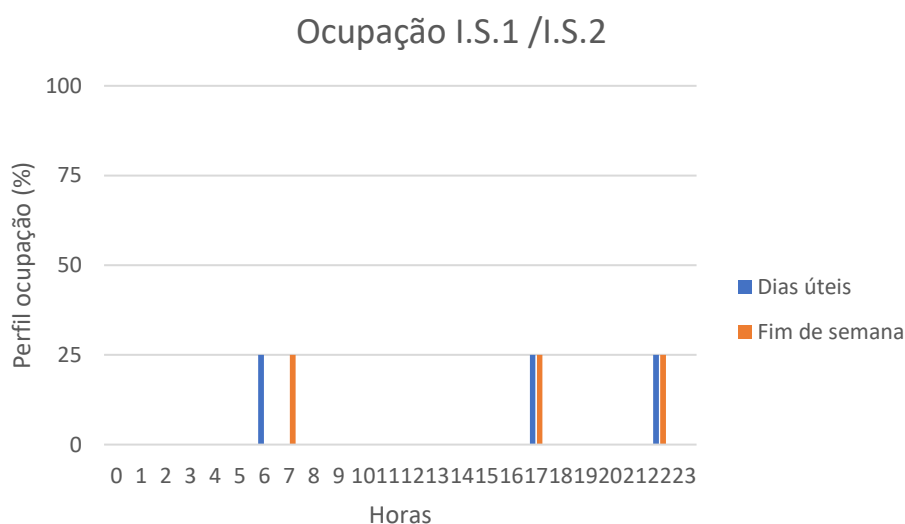


Figura 3.8 - Perfil de ocupação I.S.1/ I.S.2

3.5.2 Iluminação

A iluminação em edifícios ainda não se encontra devidamente regulamentada em Portugal. Os limites quanto ao consumo máximo permitido para iluminação no interior de edifícios são escassos, assim como a implementação de medidas que incentivem a adoção de projetos que permitam tirar um maior proveito da iluminação natural.

A iluminação adequada dos espaços é essencial para garantir um desempenho adequado das atividades realizadas e o conforto dos seus ocupantes. Existem vários aspetos a ter em conta para alcançar uma iluminação eficaz nos edifícios.

Primeiramente, definir a iluminância adequada para cada espaço é essencial. A iluminância traduz-se na quantidade de luz proveniente de um sistema de iluminação, que incide no plano de trabalho, expressa em lux. A Norma EN 12464-1 estabelece valores médios de

Além disso, a temperatura de cor também é uma característica importante no conforto humano. As lâmpadas quentes estão relacionadas com atividades que requerem um ambiente mais confortável, como quartos e salas de estar, enquanto lâmpadas frias são mais adequadas para espaços onde há mais atividade, como escritórios e cozinhas.

Na Figura 3.9 pode observar-se a distribuição considerada das luminárias para o edifício em estudo. E na Tabela 3.12 apresenta-se a referência e descrição do tipo de solução de luminária adotada.



Tabela 3.12 - Referência e descrição das luminárias

Referência	Descrição
L01	Ponto de luz para interior
L02	Luminária do tipo suspensa
L03	Luminária do tipo suspensa
L04	Fita LED
L05	Fita LED
L06	Aplique luz para interior
L07	Ponto de luz para interior
L08	Fita LED
L09	Luminária do tipo suspensa
L10	Luminária do tipo suspensa
L11	Luminária do tipo suspensa

Na Tabela 3.13 apresenta-se a distribuição de potência de iluminação na fração autônoma, onde se pode observar, na última coluna, o valor obtido para a densidade potência de Iluminação de acordo com as respectivas áreas e potência elétrica das lâmpadas consideradas.

Tabela 3.13 - Distribuição das luminárias e densidades de potência de iluminação

Espaço	Área [m ²]	Referência da Luminária	Potência elétrica [W]	Número de luminárias	Potência elétrica total [W]	Densidade de Potência [W/m ²]
Hall	7,80	L01	3	2	14	1,79
		L04	8	1		
Circulação	4,05	L01	3	2	6	1,48
Quarto 1	13,20	L01	3	2	16	1,21
		L02	10	1		
Quarto 2	9,15	L01	3	4	12	1,31
Suite + Closet	19,40	L02	10	1	30	1,55
		L03	6	2		
		L04	8	1		
I.S.1	7,20	L06	8	1	16	2,22
		L07	4	2		
I.S.2	4,70	L05	6	1	14	2,98
		L06	8	1		
Sala + Cozinha	35,60	L07	4	4	79	2,22
		L08	10	1		
		L09	10	2		
		L04	8	1		
		L10	10	1		
		L11	15	1		
Área técnica	5,80	L07	4	2	8	1,38
Total	106,9	-	141	33	195	1,82

Depois de obtidas as densidades de potência de iluminação para cada um dos espaços do edifício torna-se necessário atribuir o perfil de utilização da iluminação para cada espaço. Foi necessário definir um perfil de utilização ao longo das 24 horas para os dias úteis, e outro para o fim-de-semana. O critério utilizado para definir o perfil de iluminação foi afetar 100% de iluminação sempre que há ocupação nas divisões. No entanto é necessário verificar quais

as divisões onde existem vãos envidraçados, pois nesses casos foi considerada iluminação natural das 8h00 às 17h00 (independentemente da orientação da superfície envidraçada da divisão).

Apesar da área técnica, do hall e do corredor de circulação não terem ocupação, é necessário contabilizar a iluminação utilizada nestes espaços. Assim, foi considerado um período total de utilização de iluminação de uma hora diária em cada um destes espaços, tanto para os dias úteis como no fim de semana. Este período foi definido para uma hora específica do dia, no entanto esta consideração é apenas simplificativa, pois é comum que a iluminação nestes espaços seja utilizada em curtos períodos distribuídos ao longo do dia.

Foi ainda definida uma percentagem de iluminação de 5% para as restantes horas do dia (sem iluminação) em todos os perfis, de forma a ter em conta por exemplo a existência de luzes de presença.

No Anexo E encontram-se os perfis de iluminação estabelecidos para cada divisão do edifício.

3.5.3 Equipamentos

A carga interna devida aos equipamentos em um edifício residencial refere-se à quantidade de calor gerada pelos aparelhos elétricos e eletrónicos utilizados no interior do espaço. Essa carga térmica pode variar de acordo com o tipo e o número de dispositivos em operação, assim como com a eficiência energética dos equipamentos. Para determinar adequadamente a carga térmica gerada pelos equipamentos, é essencial considerar três fatores principais: o fator de potência, que representa a razão entre a potência útil e a potência instalada na utilização da energia elétrica pelo equipamento; o fator de exaustão, que indica a quantidade de calor libertada para o ambiente durante o funcionamento do equipamento; e o fator de simultaneidade, que reflete a probabilidade de múltiplos equipamentos serem utilizados simultaneamente em um determinado espaço. Estes fatores são essenciais para dimensionar adequadamente os sistemas de climatização e garantir o conforto térmico dos ocupantes, bem como a eficiência energética do edifício. Assim a carga térmica interna devida a um equipamento é obtida pela Equação 3.10.

$$q_{eq} = P_{elet} \times F_p \times F_E \times F_S \quad (3.10)$$

Onde:

q_{eq} - Carga térmica introduzida por um equipamento [W]

P_{elet} - Potência elétrica consumida pelo equipamento [W]

F_P - Fator de Potência

F_E - Fator de exaustão

F_S - Fator de simultaneidade

Para calcular a densidade de potência dos equipamentos instalados por espaço do edifício em estudo, foi estabelecido o seguinte procedimento:

1. Primeiro, identificaram-se os equipamentos presentes em cada espaço, assim como a respectiva marca e modelo de cada um;
2. De seguida, através da consulta das fichas técnicas dos equipamentos, retirou-se a potência elétrica consumida pelo equipamento;
3. Estimaram-se os fatores de potência, de exaustão e de simultaneidade para cada caso;
4. Através da equação 3.10, obteve-se a carga térmica dissipada de cada equipamento;
5. Obteve-se a carga térmica por espaço, através do somatório das cargas dos vários equipamentos.

Os parâmetros definidos para determinar a carga térmica introduzida pelos equipamentos em cada divisão encontram-se detalhados no Anexo F.

Por último, obteve-se a densidade de potência, através da razão entre a carga térmica e a área do espaço. Os valores obtidos apresentam-se na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Densidade de potência dos equipamentos instalados por espaço

Espaço	Área [m²]	Carga térmica [W]	Densidade de Potência [W/m²]
Sala + Cozinha	35,60	780,04	21,91
Área técnica	5,80	196	33,79
Quarto 1	13,20	45	3,41
Quarto 2	9,15	45	4,92
Suite + Closet	19,40	52	2,68
I.S.1	7,20	9	1,25
I.S.2	4,70	9	1,91
Total	106,9	1136	10,6

Por fim, é também necessário estabelecer o perfil de utilização dos equipamentos para cada espaço. Definiu-se uma maior percentagem de utilização de equipamentos nos períodos em que há maior atividade nas respetivas divisões. Por exemplo, o perfil de equipamentos da Sala+Cozinha, apresenta uma utilização mais localizada durante o período de preparação das refeições ou outras lides domésticas. No Anexo G apresentam-se os perfis de equipamentos definidos por divisão.

3.6 Ventilação

Atualmente, a procura por ambientes mais saudáveis e confortáveis é uma prioridade em diversos espaços, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais. Neste sentido, os sistemas de ventilação desempenham um papel fundamental, ao contribuírem para a qualidade do ar interior e para o bem-estar dos ocupantes.

Existem três tipos de sistemas de ventilação: sistema de ventilação natural, sistema mecânico e sistema misto.

O sistema de ventilação natural é caracterizado pela utilização de componentes como aberturas, passagens de ar interiores e condutas, que permitem a renovação do ar exclusivamente através dos efeitos da diferença de temperatura, pressão e ação do vento, dispensando qualquer recurso a sistemas mecânicos.

Já a ventilação com recurso a meios mecânicos baseia-se na utilização de sistemas e equipamentos que promovam a renovação do ar interior por meio de extração e/ou insuflação de ar, garantindo assim um controlo mais preciso e eficiente do ambiente.

Por último, os sistemas mistos de ventilação são uma combinação dos sistemas de ventilação natural e mecânica, representando uma solução mais versátil e adaptável às necessidades específicas de cada espaço. Nestes sistemas, os equipamentos mecânicos, como *hotte* e extratores individuais em casas de banho, são utilizados para intensificar a ventilação nos compartimentos de serviço, quando necessário, podendo ser controlados manualmente pelos utilizadores ou de forma automática.

Em relação ao sistema de ventilação do edifício em estudo, considerou-se um sistema do tipo misto, existindo apenas ventilação mecânica para a extração de ar nas instalações sanitárias e cozinha. Em relação à entrada de ar novo, esta é realizada exclusivamente por ventilação natural, por via de infiltrações.

De acordo com a norma NP 1037, é estabelecido que no caso das instalações sanitárias com banheira ou duche, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 45 m³/h. E para o caso das cozinhas, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 60 m³/h.

Assim, de acordo com os requisitos apresentados em [29] e [35], as instalações sanitárias devem apresentar um caudal de extração (Q_{ext}) igual ou superior ao caudal de extração mínimo ($Q_{ext_{min}}$). Desta forma, cada instalação sanitária deverá possuir um extrator que garanta um caudal médio de extração de 90 m³/h, resultando num caudal total de extração de 180 m³/h (duas instalações sanitárias), conforme apresentado na Tabela 3.15.

Para a cozinha foi considerada uma *hotte* de extração doméstica, no entanto visto que a sua utilização é esporádica, o caudal de extração efetuado pela *hotte* não é considerado no balanço. Apesar disso, é de referir que é cumprida a legislação no que diz respeito ao caudal mínimo de ventilação imposto para a cozinha, sendo este garantido pela *hotte*.

Tabela 3.15 - Caudais mínimos de extração de ar para as instalações sanitárias do edifício em estudo

Tipo de espaço		$A_{espaço}$ [m ²]	$Q_{ext_{min}}$ [m ³ /h]	Q_{ext} [m ³ /h]	Caudal extração total [m ³ /h]
I.S.1	Com banheira ou duche	7,20	$Máx(90; 45 \times A_{espaço})$	90	180
I.S.2		4,70		90	

De acordo com o disposto na portaria prevista no n.º 12 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 [24], de 7 de dezembro, os edifícios de habitação novos, sujeitos a grande renovação, ou cujo sistema de ventilação foi renovado, devem apresentar uma taxa de renovação de ar horária (R_{ph}) igual ou superior a 0,5 renovações por hora.

Para garantir um equilíbrio de pressões no edifício em estudo, decidiu-se considerar que a renovação do ar interior é efetuada exclusivamente por via de infiltrações. Esta renovação é equilibrada pela extração existente nas instalações sanitárias. Ou seja, a quantidade de ar que entra por infiltrações é igual à quantidade de ar extraído pelas instalações sanitárias. Note-se que esta hipótese implica que os extratores das I.S. estão em funcionamento contínuo. Assim, a renovação do ar interior ocorre à taxa nominal de 0,67 renovações por hora. Sendo que esta taxa de renovação de ar horária (R_{ph}), é obtida pela Equação 3.11.

$$R_{ph} = \frac{Q}{A_p \times P_d} = \frac{180}{106,9 \times 2,5} = 0,67 \text{ h}^{-1} \quad (3.11)$$

Em que:

Q - Caudal de ar [m^3/h];

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

P_d - Pé direito médio ponderado [m].

De notar que a taxa de renovação de ar horária obtida (igual a $0,67 \text{ h}^{-1}$) é superior às 0,5 renovações por hora estabelecidas na legislação em vigor.

3.7 Climatização

A maioria dos sistemas de climatização funciona segundo o ciclo de refrigeração por compressão de vapor. Este ciclo é um ciclo frigorífico que funciona através de quatro equipamentos principais: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador, tal como se apresenta na Figura 3.10.

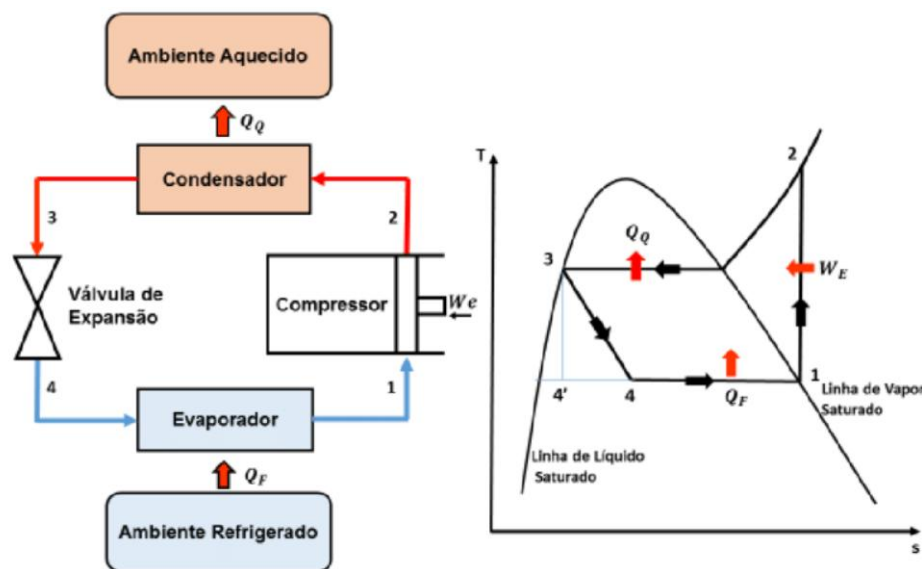


Figura 3.10 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor [36]

O ciclo frigorífico é composto por quatro etapas:

1. Compressão isentrópica ($1 \rightarrow 2$)
2. Condensação ($2 \rightarrow 3$)
3. Expansão ($3 \rightarrow 4$)
4. Evaporação ($4 \rightarrow 1$)

De forma simplificada, o compressor aumenta a pressão do fluido por compressão do mesmo, o que aumenta também a sua temperatura. Por sua vez, este fluido vai entrar no condensador sob a forma de vapor de alta pressão, cede calor e vai sair do condensador como um líquido de alta pressão. Este líquido vai passar pela válvula de expansão, que vai reduzir a pressão no líquido, assim como a temperatura deste. Quando este líquido de baixa pressão entra para o evaporador, vai absorver calor e sair sob a forma de vapor de baixa pressão. Este ciclo ocorre de forma contínua, garantindo a transferência de calor de um local (em arrefecimento) e dissipa-a diretamente para o exterior através de um fluido frigorigéneo, sendo o processo descrito reversível quando em aquecimento.

No ciclo de arrefecimento (verão), o evaporador fica no interior, removendo calor e arrefecendo o espaço, enquanto o condensador no exterior liberta o calor. A eficiência neste ciclo é expressa pelo EER (*Energy Efficiency Ratio*) calculado pela razão entre o calor removido no evaporador (energia útil) e o consumo de energia do compressor (energia consumida). No ciclo de aquecimento (inverno), o processo é inverso, o condensador aquece o interior, transferindo o calor absorvido pelo evaporador no exterior. A eficiência no aquecimento é medida pelo COP (*Coefficient of Performance*), que é a razão entre o calor fornecido pelo condensador e o consumo de energia do compressor. Por exemplo, um COP de valor igual a 3 indica que o sistema fornece 3 kW térmicos por cada 1 kW elétrico consumido. Assim, quanto maior o COP ou o EER, mais eficiente é o sistema.

Os sistemas de climatização mais utilizados nos edifícios de habitação são os sistemas *split*, *multisplit* e VRF (*Variable Refrigerant Flow*)).

O sistema *split* (ou *monosplit*) consiste em uma unidade exterior ligada a uma unidade interior, sendo adequado para climatizar apenas uma divisão da habitação.

Já o sistema *multisplit* têm uma unidade exterior conectada a várias unidades interiores, permitindo a climatização de vários espaços consoante o número de unidades interiores existentes (habitualmente até cinco unidades interiores). Este tipo de sistemas permite apenas um modo de funcionamento em simultâneo, isto é, aquecimento ou arrefecimento.

O sistema VRF (*Variable Refrigerant Flow*) é semelhante ao sistema *multisplit*, uma vez que é constituído por uma unidade exterior ligada a várias unidades interiores. No entanto é um sistema mais complexo e eficiente, com capacidade mais elevada, possibilitando conectar dezenas de unidades interiores a uma só unidade exterior. E, ao contrário do *multisplit*, o VRF permite a climatização simultânea de múltiplos espaços com controle individualizado,

ajustando a quantidade de fluido frigorigêneo conforme a necessidade de cada ambiente, ou seja, é capaz de produzir aquecimento e arrefecimento em simultâneo. Este sistema é mais utilizado em edifícios de comércio e serviços e em habitações amplas.

Para o caso de estudo, uma vez que não é conhecido o sistema instalado, foi considerado um sistema com a eficiência do edifício de referência, conforme Tabela 3.16.

Tabela 3.16 - Eficiência do sistema de climatização a considerar para o edifício em estudo [29]

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Eficiência a considerar no edifício de referência (segundo o SCE [29])
Aquecimento	<i>Split, multisplit</i> e VRF com permuta exterior a ar	3,40
Arrefecimento	<i>Split, multisplit</i> e VRF permuta exterior a ar	3,00

3.8 Sistema de produção de AQS

De acordo com o DL nº 118/2013 e para efeitos de aplicação da legislação conforme o SCE, entende-se por «Água quente sanitária» ou «AQS», a água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos.

O regulamento dos edifícios da habitação (REH) determina para as necessidades de AQS um consumo fixo diário de 40 litros por ocupante, durante 365 dias por ano. Sendo o consumo médio diário de referência determinado em função do número de ocupantes convencionais do edifício (n_{oc}) e da existência de sistemas de eficiência hídrica (f_{eh}) nos chuveiros ou sistemas de duche, conforme a Equação 3.12.

$$M_{AQS} = 40 \cdot n_{oc} \cdot f_{eh} \quad (3.12)$$

Em que:

M_{AQS} - Consumo médio diário de referência [litros];

n_{oc} - Número de ocupantes convencionais do edifício em função da tipologia, conforme Tabela 3.17 [ocupantes];

f_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais.

Tabela 3.17 - Número de pessoas equivalente por tipologia [29]

Tipologia	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Ty
n_{oc}	2	2	3	4	5	6	7	8	8	9	y

Visto que o edifício em análise corresponde a uma habitação unifamiliar, de tipologia T3, e de acordo com o número de ocupantes convencionais em função da tipologia, obteve-se um consumo médio diário de 160 litros para o edifício em estudo, como se apresenta na Equação 3.13.

$$M_{AQS} = 40 \cdot n_{oc} \cdot f_{eh} = 40 \cdot 4 \cdot 1 = 160 \text{ litros} \quad (3.13)$$

As necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS (Q_a) são determinadas em função do consumo médio diário de referência (M_{AQS}), do aumento de temperatura, em relação à temperatura da água da rede (ΔT), e do número de dias de consumo de AQS num ano (n_d). Sabendo que $M_{AQS} = 160$ litros, $\Delta T = 35^\circ\text{C}$ e $n_d = 365$ dias/ano, obteve-se $Q_a = 2377$ kWh/ano, conforme Equação 3.14.

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600} = \frac{160 \cdot 4,187 \cdot 35 \cdot 365}{3600} = 2377 \text{ kWh/ano} \quad (3.14)$$

Para o edifício em estudo considerou-se que as águas quentes sanitárias são produzidas por intermédio de um esquentador de água, a gás natural. No entanto, como não é conhecido o sistema técnico específico instalado, considerou-se uma eficiência deste sistema igual à eficiência prevista no edifício de referência, como se apresenta na Tabela 3.18.

Tabela 3.18 - Eficiência do sistema de AQS a considerar para o edifício em estudo [29]

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Eficiência a considerar no edifício de referência
AQS	Sistema que recorre a queima de combustível	0,89

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

No presente capítulo, pretende-se avaliar o desempenho energético do edifício caracterizado no capítulo 3. Numa primeira fase, será utilizado o método sazonal, e numa segunda fase, a simulação dinâmica, com o objetivo de comparar os resultados entre ambos os métodos.

4.1 Aplicação do método sazonal ao caso de estudo

Para a avaliação do edifício de acordo com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), foi escolhida a metodologia sazonal, utilizando as folhas de cálculo do ITeCons [37]. Esta é uma das metodologias reconhecidas para a certificação energética em Portugal. Esta folha de cálculo permite também simular automaticamente o edifício de referência à medida que se introduzem os parâmetros de entrada do edifício previsto.

A metodologia deste processo consiste nos seguintes passos:

- Os parâmetros de entrada são introduzidos na folha de cálculo do ITeCons;
- A folha de cálculo gera, de forma detalhada, todos os parâmetros de saída necessários;
- Com estes dados, são obtidos os indicadores energéticos tanto para o edifício previsto quanto para o edifício de referência.

Na Tabela 4.1 são descritos os indicadores energéticos que permitem a avaliação energética de um edifício. E na Tabela 4.2, apresentam-se os indicadores energéticos obtidos para o edifício previsto através do método sazonal.

De referir apenas que, segundo a legislação [29], a componente renovável associada ao equipamento de climatização instalado no edifício não é contabilizada no balanço energético.

Tabela 4.1 - Indicadores energéticos

Sigla	Designação
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)
Q_a	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)
W_{vm}	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)
E_{ren}	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)
E_{renAQS}	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano)
$E_{ren,ext}$	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)
N_{tc}	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{EP} /m ² .ano)

Tabela 4.2 - Indicadores energéticos - Método sazonal

Método sazonal			
Edifício previsto		Edifício Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	36,34	N_i [kWh/m ² .ano]	49,89
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	12,86	N_v [kWh/m ² .ano]	13,91
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	3658*	E_{ren} [kWh/ano]	0
E_{renAQS} [kWh/ano]	0	E_{renAQS} [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	64,55	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	73,26

*Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema.

Após obtidos os indicadores energéticos para o edifício previsto e para o edifício de referência, é possível analisar se o edifício cumpre os requisitos NZEB, apresentados na Tabela 4.3. Analisando os resultados apresentados conclui-se que os indicadores relativos às necessidades de aquecimento e arrefecimento cumprem os requisitos NZEB impostos. No entanto, o valor de R_{Nt} , que traduz a relação entre as necessidades nominais de energia primária prevista e de referência, indica que a classe energética do edifício é B-, não cumprindo assim o requisito NZEB para a classe energética, correspondente à classe A. Além disso, o requisito de energia renovável também não é cumprido.

Assim, conclui-se que o edifício em estudo não cumpre todos os requisitos para ser considerado um NZEB.

Tabela 4.3 - Verificação requisitos NZEB - Método sazonal

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{36,34}{49,89} = 0,73$	Cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{12,86}{13,91} = 0,92$	Cumpre
Necessidades de Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{64,55}{73,26} = 0,88$	Não cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	B-	Não cumpre
Energia Renovável		$Ren_{Hab} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0$	Não cumpre

4.2 Simulação dinâmica do caso de estudo

No presente capítulo, realiza-se a simulação energética do edifício previsto e de referência utilizando o *software DesignBuilder*. O objetivo destas simulações é calcular as

necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e água quente sanitária (AQS), bem como os consumos energéticos do edifício. A partir dos resultados e indicadores energéticos obtidos, avalia-se mais uma vez o edifício quanto ao cumprimento dos requisitos NZEB.

4.2.1 Simulação dinâmica do edifício previsto

A criação do modelo do edifício no *DesignBuilder* inicia-se pela definição do local e pela introdução dos dados climáticos, conforme apresentados no capítulo 3.

Em seguida, procede-se à definição geométrica do modelo, utilizando as ferramentas gráficas do *software*, de acordo com o projeto de arquitetura (disponível no Anexo A). Começou-se por desenhar as paredes que delimitam o perímetro do modelo, que, neste caso, correspondem às paredes exteriores. De destacar que as medidas que se introduzem, são as medidas externas, pelo que se tem de ter em conta a espessura das paredes, assim como do teto e do pavimento. O projeto de arquitetura utilizado corresponde à habitação com os painéis modulares da ModTech na envolvente. Assim, nesta fase inicial, foi necessário ajustar as medidas da habitação para se adequarem às características da construção tradicional (este ajuste corresponde à alteração da espessura das paredes, teto e pavimento). Desta forma, a área útil total de pavimento que era de $106,9 \text{ m}^2$, conforme o projeto de arquitetura, foi alterada para $108,36 \text{ m}^2$ no modelo computacional.

Após a correta definição dos limites, desenhou-se as paredes interiores para definir as divisões da habitação. Por último, desenhou-se as aberturas nas superfícies das paredes, inserindo-se assim as janelas e portas do edifício. Além disso, foi necessário ajustar a orientação do modelo para garantir que este esteja corretamente alinhado com o norte.

A Figura 4.1 apresenta o modelo tridimensional construído no *DesignBuilder*. Pode-se também observar na figura a existência de sombreamentos exteriores, que foram definidos geometricamente da mesma forma que o resto do edifício.

A moradia é constituída por 11 espaços, contudo, foi considerado que a "sala" e a "cozinha" formam uma única zona, devido à ausência de separação física total entre as mesmas (*open space*). A mesma situação ocorre com os espaços "quarto 3" e "closet", que também foram considerados como um único espaço. Desta forma, no modelo computacional, a habitação foi dividida em 9 zonas, tal como se apresenta na Figura 4.2.

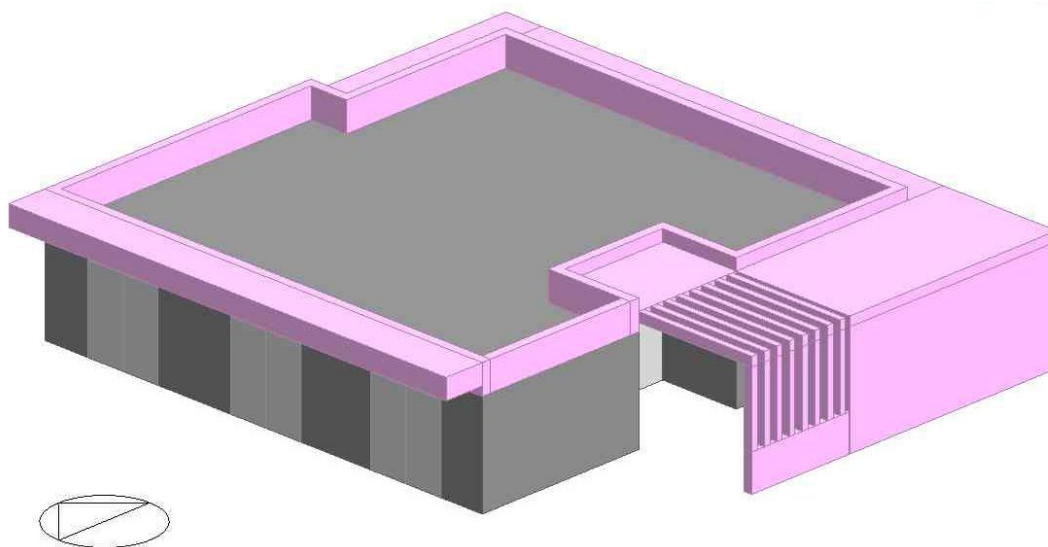


Figura 4.1 - Modelação 3D da moradia no *DesignBuilder*

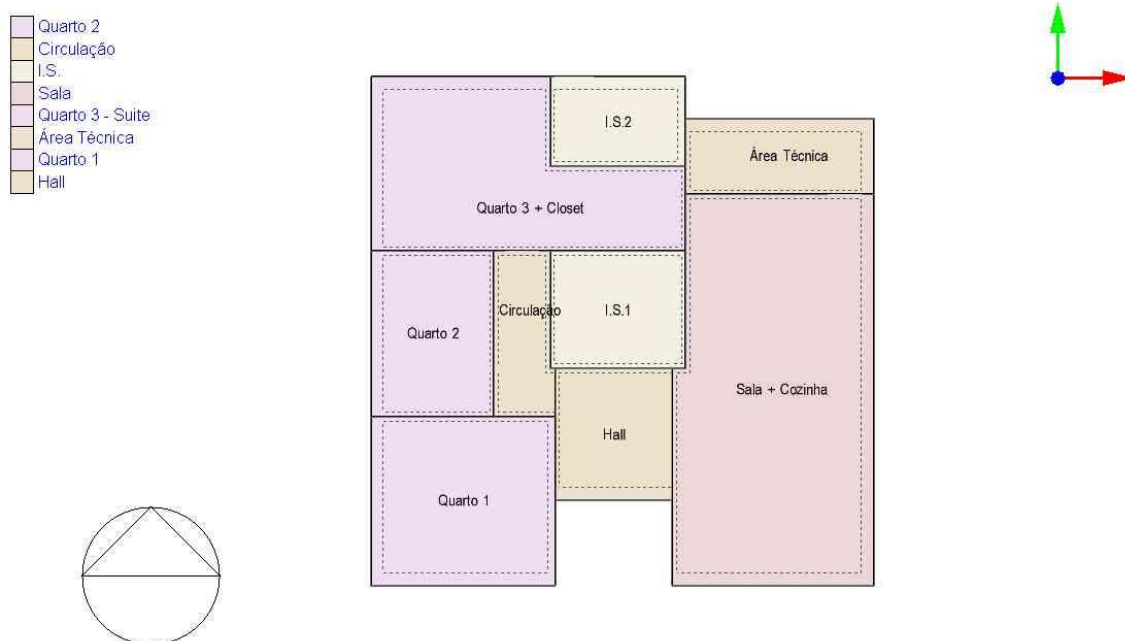


Figura 4.2 - Planta da moradia no *DesignBuilder*

Após definido geometricamente o edifício no *software*, tornou-se necessário definir internamente o mesmo.

Através do separador "*Activity*" é possível definir a ocupação, o nível de metabolismo, o consumo de AQS (DHW - *domestic hot water*), as temperaturas de referência para a estação de aquecimento e arrefecimento, os equipamentos elétricos e respectivos horários de funcionamento.

Na Figura 4.3 apresenta-se como exemplo os dados de "*Activity*" para o espaço "Sala+Cozinha". Neste exemplo, considera-se um número de pessoas igual a quatro, que é o número de ocupantes da habitação, sendo este número ajustado de acordo com o respetivo horário de ocupação estabelecido para este espaço. Também é definida a taxa de consumo da AQS conforme as necessidades de AQS da habitação definidas anteriormente, e por último é definida a densidade de equipamentos elétricos presentes na "Sala+Cozinha", conforme o horário de equipamentos estabelecido para este espaço.

O separador "*Activity*" foi preenchido para todas as restantes zonas da mesma forma que foi preenchido para o espaço "Sala+Cozinha". No entanto, os valores e horários de ocupação e a densidade de equipamentos foram ajustados de acordo com os dados de cada zona apresentados no capítulo 3. A taxa de consumo de AQS e as temperaturas de referência são iguais para todas as zonas.

Activity Template	
Template	Sala
Sector	Residential spaces
Zone type	1-Standard
Zone multiplier	1
☒ Include zone in thermal calculations	
☒ Include zone in daylighting calculations	
Building Total Floor Areas	
Occupancy	
☒ LEED v4 Daylighting BD+C: New Construction (sDA and ASE)	
Number of people	4.00
Schedule	Horário ocupação Sala + Cozinha
Metabolic	>>
Clothing	>>
Mean Radiant Temperature Calculation	>>
Air Velocity	>>
Generic Contaminant Generation	>>
DHW	>>
Environmental Control	>>
Heating Setpoint Temperatures	>>
Heating (°C)	18,0
Heating set back (°C)	18,0
Cooling Setpoint Temperatures	>>
Cooling (°C)	25,0
Cooling set back (°C)	25,0
Heating Comfort PMV Setpoints	>>
Cooling Comfort PMV Setpoints	>>
Humidity Control	>>
Ventilation Setpoint Temperatures	>>
Minimum Fresh Air	>>
CO2/Contaminant Setpoints	>>
Lighting	>>
Computers	>>
☐ On	
Office Equipment	>>
☒ On	
Power density (W/m2)	21.91
Schedule	Horário equipamentos Sala + Cozinha
Radiant fraction	0.200
Miscellaneous	>>

Figura 4.3 - Introdução de dados no separador "Activity" - Exemplo Sala + Cozinha

Após definidos todos os espaços do edifício no separador "Activity", foram introduzidos os elementos construtivos do edifício no separador "Construction," como se apresenta na Figura 4.4. Neste separador são introduzidas as características construtivas de todos os elementos do edifício, como as paredes, pavimento e cobertura. Também é definida a infiltração de ar através dos elementos, em "Model infiltration", traduzida em renovações de ar por hora ('ac/h' – *air changes per hour*). Para este caso, e conforme descrito no capítulo 3, foram consideradas 0,67 renovações por hora. De referir ainda que neste separador apenas se definiram as 'External walls' referentes às paredes exteriores, o 'Flat roof' que corresponde à cobertura plana, as 'Internal Partitions' referentes às paredes interiores, e o 'Ground floor' referente ao pavimento. Os restantes parâmetros apresentados na Figura 4.4 não foram alterados, uma vez que não são utilizados no modelo em estudo e consequentemente não são utilizados pelo programa.

De referir ainda que, ao contrário do método sazonal, não é possível definir os pilares e vigas do edifício no software. Consequentemente as pontes térmicas planas não são tidas em conta no modelo computacional. No entanto, o efeito destas não é significativo no balanço energético, apresentando um peso inferior a 5%.

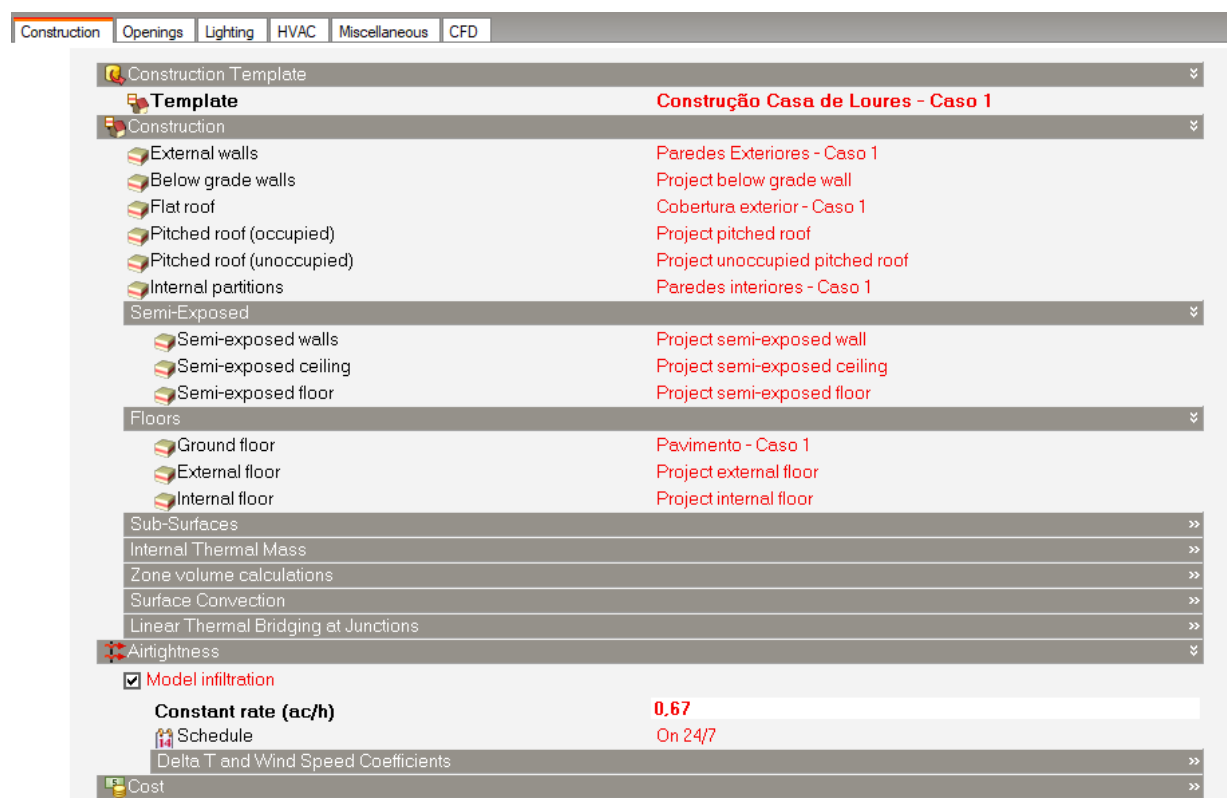


Figura 4.4 - Introdução de dados no separador "Construction"

Na caracterização dos elementos construtivos, é necessário especificar detalhadamente as suas camadas constituintes. Cada camada corresponde a um material específico dentro do elemento construtivo. O *DesignBuilder* disponibiliza duas maneiras de definir cada camada: introduzindo diretamente a resistência térmica correspondente à camada ou definir a espessura, calor específico, densidade e coeficiente de condutibilidade do material.

Apenas se deve introduzir a resistência térmica diretamente para camadas que não têm massa térmica, como, por exemplo, espaços de ar, onde a espessura da camada não influencia o cálculo do coeficiente global de transmissão térmica. Para as restantes camadas devem ser sempre definidos todos os parâmetros do material (espessura, calor específico, densidade e coeficiente de condutibilidade).

Na Figura 4.5 apresenta-se como exemplo a definição das paredes exteriores do edifício no *DesignBuilder*. Na Figura 4.6 é apresentado o cálculo do coeficiente global de transmissão térmica das paredes exteriores, que é realizado pelo *software*. Repare-se que os valores de resistência superficial exterior e interior são definidos automaticamente pelo programa (Figura 4.6).

Constructions

Layers | Surface properties | Image | Calculated | Cost | Internal source | Condensation analysis

General

Name Paredes Exteriores - Caso 1

Source

Category Walls

Region PORTUGAL

Colour

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 5

Outermost layer

Material Reboco Tradicional

Thickness (m) 0,0100

☐ Bridged?

Layer 2

Material Alvenaria tijolo cerâmico 110 mm

Thickness (not used in thermal calcs) (m) 0,1100

Layer 3

Material Isolamento XPS

Thickness (m) 0,0600

☐ Bridged?

Layer 4

Material Alvenaria tijolo cerâmico 110 mm

Thickness (not used in thermal calcs) (m) 0,1100

Innermost layer

Material Estuque Projetado

Thickness (m) 0,0100

☐ Bridged?

Figura 4.5 - Introdução das camadas constituintes das paredes exteriores

Constructions	
Layers	Surface properties
Image	Calculated
Cost	Internal source
Condensation analysis	
Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
Surface resistance (m ² -K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,457
R-Value (m ² -K/W)	2,357
U-Value (W/m²-K)	0,424
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0,3000
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	11,3400
Upper resistance limit (m ² -K/W)	2,357
Lower resistance limit (m ² -K/W)	2,357
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,457
R-Value (m ² -K/W)	2,357
U-Value (W/m²-K)	0,424

Figura 4.6 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica das paredes exteriores

No separador "*Openings*" são atribuídas as características dos vidros, da caixilharia, e das proteções solares em janelas e portas, sejam interiores ou exteriores. O *software* não permite a inclusão de portas de vidro e como tal todas as portas de área envidraçada com acesso para o exterior foram representadas como janelas.

Na Figura 4.7 é definido o separador "*Openings*", que é comum a todos os espaços com vãos envidraçados, diferindo apenas as dimensões que estão diretamente relacionadas com a geometria de cada envidraçado inserido nas diversas fachadas. É também definido o tipo de proteção solar dos vãos envidraçados, a sua posição e o seu horário de utilização.

Na Figura 4.8 apresenta-se a composição do vidro utilizado no presente caso de estudo, sendo caracterizado pelas suas características térmicas e de radiação, obtidas a partir da ficha técnica.

Openings Lighting HVAC Miscellaneous CFD

Glazing Template

Template Vidro duplo

External Windows

Glazing type Vãos envidraçados exteriores

Layout Fixed windows - height:1.0m, width:1.0

Dimensions

Type 4-Fixed width and height

Window width (m) 1.00

Window height (m) 1.00

Window spacing (m) 5.00

Sill height (m) 0.80

Outside reveal depth (m) 0.130

Frame and Dividers

☒ Has a frame/dividers?

Construction FIN-WINDOW Step-line 77 - caixilharia

Reveal >>

Frame >>

Dividers >>

Shading

☒ Window shading

Type Shade roll - medium opaque

Position 3-Outside

Control type 3-Schedule

Operation

Schedule definition 2-Custom schedule

Operation schedule Horário dispositivos de proteção solar

☐ Local shading

Airflow Control Windows >>

Free Aperture >>

Internal Windows >>

Roof Windows/Skylights >>

Doors >>

Vents >>

Figura 4.7 - Introdução de dados no separador "Openings"

Glazing

Layers Cost

General

Name Vidro duplo

Description Vidro duplo

Source

Category Project

Region PORTUGAL

Colour

Definition method

Definition method 2-Simple

Simple Definition

Total solar transmission (SHGC) 0,470

Light transmission 0,720

U-Value (W/m2-K) 1,200

Daylighting >>

Figura 4.8 - Composição do vidro duplo utilizado nos vãos envidraçados

Os parâmetros relativos à iluminação são introduzidos no separador "*Lighting*", onde é definida a potência de iluminação, o respetivo horário de funcionamento e o tipo de luminária previsto para cada espaço. Na Figura 4.9 apresenta-se, como exemplo, a iluminação definida para o espaço "Sala+Cozinha". As potências de iluminação dos restantes espaços foram definidas conforme os valores apresentados na Tabela 3.13 e de acordo com os horários de funcionamento relativos a cada espaço.

The screenshot shows the 'Lighting' tab selected in a software interface. The 'Lighting Template' section is expanded, showing a 'Template' set to 'Portugal'. Under 'General Lighting', the 'On' checkbox is checked. The 'Lighting power density (LPD) (W/m2)' is set to '2,2200'. The 'Schedule' is set to 'Horário iluminação Sala + Cozinha'. The 'Luminaire type' is set to '1-Suspended'. Other parameters include 'Return air fraction' (0,000), 'Radiant fraction' (0,420), 'Visible fraction' (0,180), and 'Convective fraction' (0,400). The 'Lighting Control' section is also expanded, showing 'On' checked. The 'Task and Display Lighting' section is expanded, showing 'On' checked. The 'Cost' section is also expanded.

Figura 4.9 - Introdução de dados no separador "*Lighting*" - Exemplo "Sala+Cozinha"

Por último, é necessário definir os parâmetros relacionados com os equipamentos AVAC a utilizar no edifício.

No separador "*HVAC*" efetua-se a seleção de equipamentos a introduzir no modelo computacional. Neste separador, é possível definir o tipo de combustível utilizado por cada equipamento no aquecimento e arrefecimento, assim como a eficiência do equipamento (COP no aquecimento e EER no arrefecimento) e o seu período de funcionamento. São também definidos os parâmetros relativos à ventilação natural e/ou ventilação mecânica, caso existam. Além disso, são também definidos os parâmetros relativos às águas quentes sanitárias (DHW – *Domestic Hot Water*).

Na Figura 4.10 são apresentados os dados introduzidos no separador "*HVAC*" para o espaço "Sala+Cozinha".

Casa de Loures - Caso 1, Building 1, Block 1, Sala + Cozinha

Layout Activity Construction Openings Lighting HVAC Miscellaneous CFD

HVAC Template

Template Split no fresh air

Mechanical Ventilation

☐ On

Auxiliary Energy

Heating

☒ Heated

Fuel 1-Electricity from grid

Heating system CoP 3,400

Type

Operation

Schedule On 24/7

Cooling

☒ Cooled

Cooling system Default

Fuel 1-Electricity from grid

Cooling system CoP 3,000

Supply Air Condition

Operation

Schedule On 24/7

Humidity Control

DHW

☒ On

DHW Template AQS Loures - Esquentador água instantanea

Type 4-Instantaneous hot water only

DHW CoP 0,8900

Fuel 2-Natural Gas

Water Temperatures

Operation

Schedule On 24/7

Natural Ventilation

☐ On

Earth Tube

Air Temperature Distribution

Cost

Figura 4.10 - Introdução de dados no separador "HVAC" - Exemplo "Sala+Cozinha"

Existem duas opções de simulação energética, ambas utilizando o *EnergyPlus* como base de cálculo: o *Simple HVAC* e o *Detailed HVAC*.

Para o presente caso de estudo, foi utilizada a opção *Detailed HVAC*, que permite definir o sistema utilizado com mais detalhe em comparação com a opção *Simple HVAC*, permitindo assim efetuar simulações energéticas mais próximas da realidade.

Através da interface gráfica do *DesignBuilder* é possível selecionar um modelo pré-definido que seja semelhante ao sistema que o utilizador pretende simular. Assim, foi utilizado o modelo pré-definido "*Packaged terminal air-to-air heat pump* (PTHP)" que corresponde a uma unidade terminal bomba de calor ar-ar, semelhante ao sistema de climatização instalado no edifício previsto. Posteriormente, os parâmetros do sistema definido são ajustados de acordo com o sistema real instalado.

O modelo "*Packaged terminal air-to-air heat pump* (PTHP)" foi utilizado para os quartos (quarto 1, 2 e 3) e para a "Sala + Cozinha". E nas instalações sanitárias, foi definida a ventilação mecânica de exaustão. A Figura 4.11 apresenta a representação gráfica do sistema AVAC definido no edifício previsto.

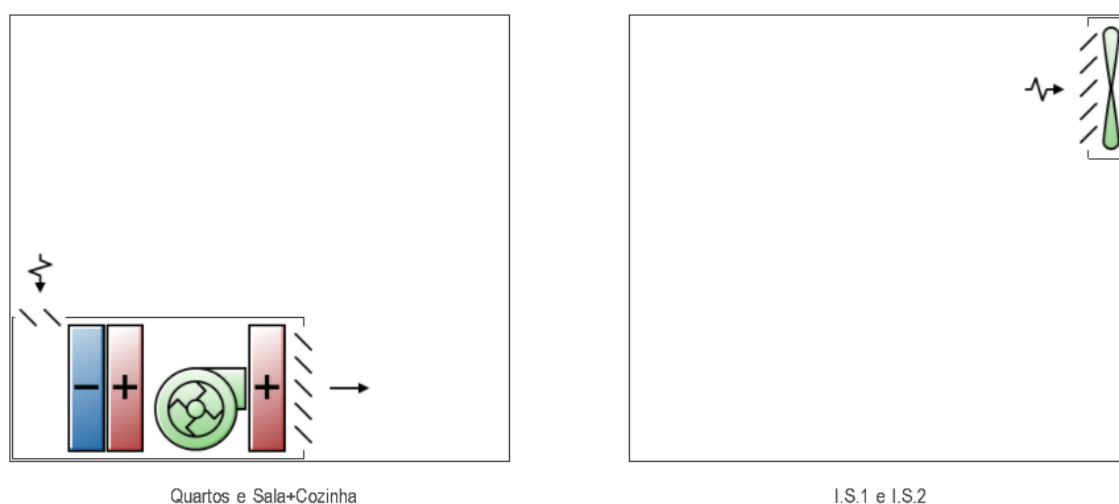


Figura 4.11 - Representação gráfica do sistema AVAC do edifício previsto

Na Figura 4.12 apresenta-se, como exemplo, a caracterização do ventilador de exaustão da "I.S.1" (igual ao ventilador da "I.S.2"). E na Figura 4.13 é caracterizado o ventilador do equipamento de climatização. Devido à falta de informação sobre os ventiladores instalados no edifício previsto, foram considerados os valores de pressão e eficiência pré-definidos pelo programa. Ou seja, no caso do ventilador de exaustão, foi considerada uma eficiência de 60% e uma pressão total de 125 Pa, para um caudal de ar escoado de $90 \text{ m}^3/\text{h}$, conforme estabelecido. No caso do ventilador do equipamento de climatização considerou-se uma eficiência de 70% e uma pressão total de 100 Pa.

Zone exhaust fan

General Target

General

Name Block1:IXSx1 Exhaust fan

Fan Data

Fan total efficiency 0,600

Pressure Rise (Pa) 125,00

Maximum flow rate (m3/s) 0,0250

System availability manager coupling mode 1-Coupled

☐ Apply minimum zone temperature limit schedule

☐ Apply balanced exhaust fraction schedule

Operation

 Availability schedule On 24/7

☐ Apply flow fraction schedule

End Use Sub Category

End use sub category

Figura 4.12 - Caracterização do ventilador de exaustão - Exemplo "I.S.1"

Fan

Fan Target

General

Name Block1:SalaXCozinha PTHP Supply Fan

Type 3-On/Off

Fan efficiency 0,70000

Pressure rise (Pa) 100,0

End-use subcategory General

Flow Rates

Maximum flow rate (m3/s) Autosize

Motor

Motor efficiency 0,90000

Motor in airstream fraction 1,000

☒ Fan power ratio function of speed ratio curve ConstantFanPowerRatioCurve

☒ Fan efficiency ratio function of speed ratio curve ConstantFanEffRatioCurve

Operation

 Availability schedule On 24/7

Figura 4.13 - Caracterização do ventilador do equipamento climatização

- Resultados da simulação dinâmica do edifício previsto:

Os resultados obtidos relativos às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, resultantes da simulação dinâmica do edifício previsto apresentaram-se na Tabela 4.4:

Tabela 4.4 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto - simulação dinâmica

Edifício Previsto	Necessidades aquecimento (N_{ic})	Necessidades arrefecimento (N_{vc})
[kWh/ano]	3289,41	1447,80
[kWh/m ² .ano]	30,36	13,36

Na simulação dinâmica é possível desagregar e analisar os consumos específicos associados ao aquecimento, arrefecimento, iluminação, equipamentos, ventilação e águas quentes sanitárias. Permitindo uma melhor perceção e compreensão da origem de todos os consumos do edifício.

A Tabela 4.5 apresenta a desagregação dos consumos elétricos anuais do edifício previsto obtidos pela simulação dinâmica.

Note-se que o consumo associado à ventilação mecânica corresponde a 138,30 kWh/ano, dos quais 91,25 kWh/ano correspondem ao consumo dos ventiladores de exaustão das instalações sanitárias (I.S.1 e I.S.2) e 47,05 kWh/ano correspondem ao consumo dos ventiladores dos equipamentos de climatização.

Tabela 4.5 - Consumos elétricos anuais do edifício previsto

Edifício Previsto		Consumo elétrico anual [kWh/ano]	Percentagem [%]
Aquecimento		1056,75	31
Arrefecimento		584,79	17
Iluminação		304,27	9
Equipamentos		1342,75	39
Ventilação	Ventiladores de extração I.S.1/I.S.2	91,25	-
	Ventiladores dos equipamentos de climatização	47,05	-
	Total	138,30	4
AQS		0	0
Total		3426,86	100

Desagregação dos consumos elétricos

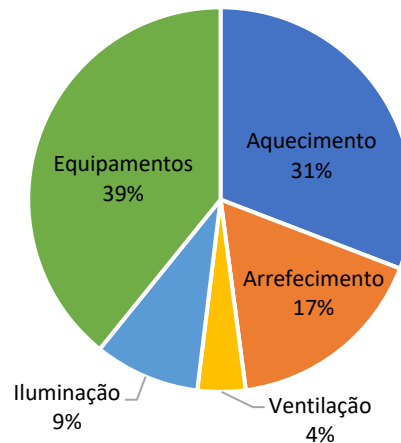


Figura 4.14 - Desagregação dos consumos elétricos do edifício previsto

Com base nos resultados da simulação dinâmica do edifício previsto, verifica-se que o edifício consumiu anualmente 3426,86 kWh de energia elétrica, distribuídos conforme se apresenta na Figura 4.14.

Verifica-se que a maior percentagem de consumo elétrico diz respeito aos equipamentos elétricos, representando 39% do consumo total. O consumo para aquecimento contribui com 31% do consumo total, seguido pelo consumo para arrefecimento, que corresponde a 17%. A iluminação interior, por sua vez, é responsável por apenas 9% do consumo elétrico. Este baixo consumo de iluminação deve-se ao aproveitamento de ganhos solares durante o dia e aos reduzidos níveis de iluminação com que cada divisão foi dimensionada. O consumo de energia para ventilação, que representa 4% do total, está associado aos ventiladores de extração das instalações sanitárias e aos ventiladores dos equipamentos de climatização. Por último, não há consumo elétrico associado às AQS, pois a energia utilizada para este fim é proveniente do gás natural.

A Figura 4.15 apresenta a distribuição mensal do consumo elétrico do edifício. Observa-se que o consumo elétrico associado ao aquecimento é mais elevado no inverno, o que era expectável. Por outro lado, o consumo relacionado com o arrefecimento é maior durante o verão. Quanto aos consumos dos equipamentos elétricos, iluminação e ventilação, estes mantêm-se aproximadamente constantes ao longo do ano, uma vez que estão em funcionamento durante todo o período.

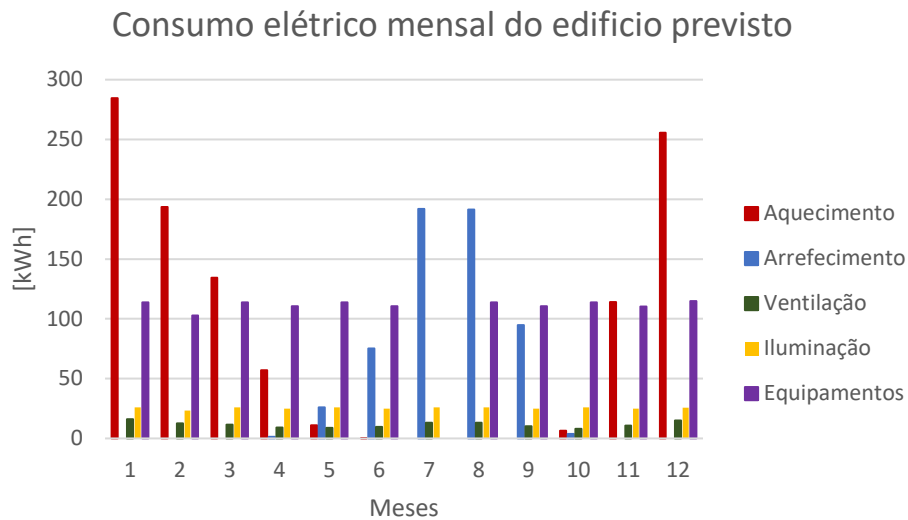


Figura 4.15 - Consumo elétrico mensal do edifício previsto

Segundo a legislação nacional vigente, a avaliação energética de um edifício é realizada com base na determinação do seu balanço de energia primária. Este balanço é representado pelas necessidades nominais anuais de energia primária (N_{tc}), que são calculadas em função das necessidades de energia para os usos regulados, nomeadamente, aquecimento e arrefecimento ambiente, preparação de AQS e ventilação mecânica, e do contributo de energia proveniente de sistemas que recorram a fontes de energia renovável para autoconsumo nestes usos.

É importante destacar que, de acordo com a legislação, os consumos associados aos equipamentos e à iluminação não são considerados no cálculo das necessidades de energia primária. Isto significa que as necessidades energéticas para fins não regulados, como o funcionamento de eletrodomésticos e sistemas de iluminação, são excluídas do cálculo para determinação do total de energia primária.

No método sazonal, as necessidades de energia útil para os vários usos regulados são convertidas para consumos de energia final, afetando as mesmas da eficiência dos sistemas técnicos, e estes consumos são convertidos para energia primária, através dos fatores de conversão (F_{pu}) estabelecidos no ponto 16.5 do Manual SCE [29], sendo que:

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

- $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ no caso de energia térmica de origem renovável.

Por outro lado, na simulação dinâmica, é possível obter diretamente os consumos de energia final. E estes são convertidos para energia primária, através dos fatores de conversão. Esta abordagem permite um cálculo mais direto e mais preciso das necessidades energéticas do edifício.

De referir que a simulação das necessidades de águas quentes sanitárias (AQS) não foi incluída no modelo computacional adotado, devido à impossibilidade de definição do sistema técnico no *software* utilizado. Assim, para incluir o contributo das AQS no cálculo das necessidades de energia primária, afetou-se as necessidades de AQS previamente calculadas (2377 kWh/ano) pela eficiência do sistema. Obtendo-se assim uma estimativa aproximada da energia utilizada, tal como é realizado no método sazonal.

De referir ainda que em relação aos consumos de ventilação mecânica, os consumos dos ventiladores dos equipamentos de climatização não foram contabilizados no cálculo das necessidades de energia primária. Isto deve-se ao facto de que estes não são contabilizados no método sazonal, garantindo assim que os resultados da simulação dinâmica estejam em conformidade com o método sazonal. Desta forma, apenas são considerados no cálculo os consumos dos ventiladores de extração das instalações sanitárias.

Portanto, utilizando os consumos de energia final obtidos na simulação dinâmica e seguindo a legislação nacional em vigor, as necessidades nominais anuais de energia primária do edifício previsto (N_{tc}) são dadas pela Equação 4.1:

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) \\
 &\quad + \left(\frac{W_{vm}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) = \\
 &= \left(\frac{1056,75}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{584,79}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{\frac{2377}{108,36}}{0,89} \times 1,0 \right) + \left(\frac{91,25}{108,36} \times 2,5 \right) = \\
 &= 64,62 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Verifica-se que o edifício apresenta um consumo global de energia primária de $64,62 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$ distribuídos da seguinte forma: 38% para aquecimento ambiente; 38% na preparação de AQS; 21% no arrefecimento ambiente e 3% na ventilação, conforme se apresenta na Figura 4.16.

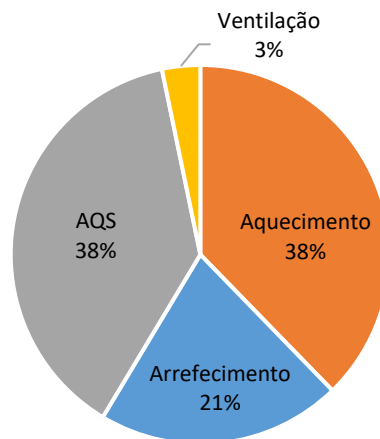


Figura 4.16 - Distribuição de energia primária pelos usos regulados

4.2.2 Simulação dinâmica do edifício de referência

Após definido o edifício previsto, foi necessário definir o edifício de referência. A determinação do balanço de energia primária do edifício de referência é representada pelas necessidades nominais anuais de energia primária de referência (N_t) e é efetuada com base nas necessidades de energia para os usos regulados, considerando a inexistência de sistemas renováveis e de ventilação mecânica, ou seja, assumindo que a ventilação se processa exclusivamente de forma natural.

A simulação do edifício de referência neste trabalho, quando comparada com a simulação do edifício previsto, permite avaliar o cumprimento dos requisitos NZEB e determinar a classe energética do edifício.

A simulação de um edifício de habitação de referência é realizada de forma semelhante ao edifício previsto, mas considerando algumas particularidades, definidas na legislação, nomeadamente:

- Consideram-se os valores de coeficiente de transmissão térmica de referência (U_{ref}) para a envolvente opaca e envidraçados, segundo a Tabela 4.6;
- Adotam-se os valores de coeficiente de transmissão térmica linear de referência (ψ_{ref}), conforme Tabela 4.7;

- Utilizam-se os valores de eficiência de referência dos sistemas técnicos instalados no edifício previsto.

Tabela 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica de referência em edifícios de habitação [29]

U_{ref} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática					
Envolvente		Portugal Continental			Regiões Autónomas		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Condição fronteira exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,45	0,40	0,35
Condição fronteira interior com $b_{ztu} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,70	0,60	0,90	0,80	0,70
	Elementos opacos horizontais	0,60	0,60	0,50	0,70	0,70	0,60
Vão envidraçados		2,80	2,40	2,20	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Tabela 4.7 - Coeficientes de transmissão térmica linear de referência em edifícios de habitação [29]

Tipo de ligação	ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou espaço interior não útil Fachada com cobertura Fachada com pavimentos de nível intermédio ⁽¹⁾ Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona de caixa de estore	0,20

(1) Corresponde a metade da perda originada na ligação

Desta forma, considerando as particularidades do edifício de referência descritas, mantiveram-se todos os parâmetros de entrada da simulação dinâmica do edifício previsto apresentados anteriormente, alterando-se apenas os seguintes parâmetros no *DesignBuilder*:

- No separador "*Construction*", os valores dos coeficientes de transmissão térmica foram ajustados alterando a espessura das camadas dos elementos construtivos, mas mantendo a espessura total dos elementos construtivos (ou seja, o somatório das espessuras das camadas manteve-se inalterado), de forma a coincidirem com os valores de referência (U_{ref}) estipulados;

- Ainda no separador "*Construction*", os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear foram alterados pelos valores de referência (ψ_{ref});
- De acordo a legislação, se $R_{ph,i} > 0,6 \text{ h}^{-1}$, então $R_{ph,i_{ref}} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Assim, no separador "*Construction*", em "*Model infiltration*" foram consideradas 0,6 renovações por hora;
- Por fim, no separador "HVAC", devem ser consideradas as eficiências de referência dos sistemas técnicos instalados. No entanto, visto que as eficiências consideradas no edifício previsto são iguais às eficiências de referência, estes parâmetros mantiveram-se inalterados no programa.

Na Tabela 4.8 é apresentada a comparação dos valores dos coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da envolvente e as eficiências dos sistemas técnicos entre o edifício previsto e o edifício de referência.

Deve-se observar que o edifício previsto foi projetado para cumprir os requisitos estipulados pelo regulamento para o edifício de referência, o que resulta em coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas muito semelhantes entre o edifício previsto e o de referência. Importa também destacar que as eficiências consideradas para o edifício previsto são iguais às do edifício de referência.

Tabela 4.8 - Comparação dos valores de U e de eficiência entre o edifício previsto e de referência

	Edifício previsto		Edifício de Referência	
Soluções construtivas	U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]		U_{ref} [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]	
Paredes exteriores	0,424		0,50	
Paredes interiores	1,353		1,353	
Pavimentos	0,346		0,40	
Coberturas	0,350		0,40	
Vãos envidraçados	1,20		2,80	
Sistemas técnicos	Eficiência previsto		Eficiência referência	
Climatização	COP	EER	COP	EER
	3,40	3,00	3,40	3,00
AQS	0,89		0,89	

- Resultados da simulação dinâmica do edifício de referência:

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, resultantes da simulação dinâmica do edifício de referência apresentam-se na Tabela 4.9:

Tabela 4.9 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício referência - simulação dinâmica

Edifício de Referência	Necessidades aquecimento de referência (N_i)	Necessidades arrefecimento de referência (N_v)
[kWh/ano]	4046,65	1532,40
[kWh/m ² .ano]	37,34	14,14

Na Tabela 4.10 apresenta-se os consumos elétricos anuais do edifício de referência.

Tabela 4.10 - Consumos elétricos anuais do edifício de referência

Edifício de referência		Consumo elétrico anual [kWh/ano]	Percentagem [%]
Aquecimento		1296,32	36
Arrefecimento		618,50	17
Iluminação		304,27	8
Equipamentos		1342,75	37
Ventilação*	Ventiladores de extração I.S.1/I.S.2	0	-
	Ventiladores dos equipamentos de climatização	39,88	-
	Total	39,88	1
AQS		0	0
Total		3601,73	100

*No edifício de referência não é contabilizada a ventilação mecânica, não tendo sido definidos os ventiladores de extração das I.S. na simulação.

De forma semelhante ao edifício previsto, as necessidades nominais anuais de energia primária de referência (N_t) correspondem ao total de energia primária para satisfazer

anualmente as necessidades de aquecimento e arrefecimento ambiente e de preparação de AQS do edifício de referência, admitindo a inexistência de consumos de energia associados ao funcionamento de sistemas de ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

Desta forma, as necessidades nominais anuais de energia primária do edifício de referência (N_t) são dadas pela Equação 4.2:

$$N_t = \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{Q_a/A_p}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) =$$

$$= \left(\frac{1296,32}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{618,50}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{2377}{0,89} \times 1,0 \right) = 68,82 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \quad (4.2)$$

O edifício de referência apresenta um consumo global de energia primária de 68,82 kWh_{EP}/m².ano.

4.2.3 Indicadores energéticos e requisitos NZEB - Simulação dinâmica

Na Tabela 4.11 apresentam-se os indicadores energéticos obtidos para o edifício previsto e para o edifício de referência através da simulação dinâmica.

Tabela 4.11 - Indicadores energéticos - Simulação dinâmica

Simulação dinâmica			
Edifício previsto		Edifício Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	30,36	N_i [kWh/m ² .ano]	37,34
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	13,36	N_v [kWh/m ² .ano]	14,14
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25*	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	0	E_{ren} [kWh/ano]	0
E_{ren}^{AQS} [kWh/ano]	0	E_{ren}^{AQS} [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	64,62	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	68,82

*O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 4.12, verifica-se que o edifício não cumpre os requisitos necessários para se considerar um edifício NZEB.

Tabela 4.12 - Verificação requisitos NZEB - Simulação dinâmica

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{30,36}{37,34} = 0,81$	Não cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{13,36}{14,14} = 0,94$	Cumpre
Necessidades de Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{64,62}{68,82} = 0,94$	Não cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	B-	Não cumpre
Energia Renovável		$Ren_{Hab} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0$	Não cumpre

4.3 Comparação resultados - Método sazonal e Simulação dinâmica

De acordo com a norma ASHRAE 140 [38], a validação de um modelo de simulação de desempenho energético de edifícios requer a comparação entre os valores reais dos consumos energéticos ao longo de um ano e os resultados obtidos pela simulação. A norma estabelece um desvio máximo admissível de 10% entre os valores reais e os resultados simulados para que o modelo seja considerado validado.

No entanto, no presente estudo não são conhecidos os dados reais dos consumos energéticos da habitação em análise. Dada esta limitação, foi realizada uma comparação com base no desvio entre os resultados obtidos através da metodologia do Sistema de Certificação

Energética (SCE), que utiliza o método sazonal, e os valores gerados pela simulação dinâmica realizada com o *software DesignBuilder*.

É importante notar que a análise estática baseada no método sazonal assenta num conjunto de pressupostos que, na prática, podem não refletir as condições reais a que os edifícios estão sujeitos. Por conseguinte, a comparação entre ambos os métodos analisados podem apresentar desvios superiores aos 10% estabelecidos pela norma ASHRAE 140, devido às limitações inerentes aos pressupostos do método sazonal. Esta discrepância destaca a necessidade de uma análise crítica dos resultados e uma compreensão clara das condições subjacentes a cada método de simulação.

A Tabela 4.13 apresenta os indicadores energéticos obtidos pelo método sazonal e pela simulação dinâmica da habitação em estudo, assim como o desvio percentual entre os resultados obtidos por ambos os métodos.

Tabela 4.13 - Comparação entre os resultados obtidos pelo método sazonal e a simulação dinâmica

	Edifício Previsto				Edifício de Referência		
	Método Sazonal	Simulação Dinâmica	Desvio ⁽¹⁾ [%]		Método Sazonal	Simulação Dinâmica	Desvio ⁽¹⁾ [%]
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	36,34	30,36	16,46	N_i [kWh/m ² .ano]	49,89	37,34	25,10
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	12,86	13,36	3,89	N_v [kWh/m ² .ano]	13,91	14,14	1,65
Q_a [kWh/ano]	2377	2377	0	$Q_{a,ref}$ [kWh/ano]	2377	2377	0
W_{vm} [kWh/ano]	91,25 ⁽²⁾	91,25 ⁽²⁾	0	W_{vm} [kWh/ano]	-	-	-
E_{ren} [kWh/ano]	3658 ⁽³⁾	0	-	E_{ren} [kWh/ano]	0	0	0
$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0	0	0	$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0	0	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	0	0	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	0	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	64,55	64,62	0,11	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	73,26	68,82	6,06

(1) O cálculo do desvio foi realizado considerando o método sazonal como referência.

(2) O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

(3) Não deve ser contabilizada a componente renovável associada a este tipo de sistema.

Como se pode verificar a partir dos resultados apresentados na Tabela 4.13, os resultados obtidos pelas duas metodologias de cálculo apresentam algumas diferenças significativas, nomeadamente no que diz respeito às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento. Estas diferenças podem ser justificadas pelas distintas abordagens dos dois métodos.

As cargas de climatização nos dois métodos são calculadas de formas distintas. No método sazonal, as cargas de climatização são determinadas uma vez por cada estação, baseando-se num balanço entre os ganhos e as perdas térmicas do edifício. Este método considera apenas a duração das estações de aquecimento e arrefecimento. Enquanto, o *DesignBuilder*, considera um ano completo.

Além disso, o método sazonal assume temperaturas constantes, internas e externas, durante as estações, utilizando valores de temperaturas médios fixos, que podem ser subestimados ou sobrestimados, visto que as condições, especialmente as exteriores, podem variar significativamente ao longo de um dia. Por outro lado, o *DesignBuilder*, calcula as cargas térmicas hora a hora, tendo em conta as temperaturas exteriores e interiores de cada zona térmica a climatizar, o que permite uma representação mais fiel das variações térmicas.

Outros fatores que podem influenciar as diferenças obtidas dizem respeito ao tratamento dos ganhos internos, que no método sazonal são considerados constantes ao longo do ano (assumindo o valor fixo de 4 W/m^2), um valor que não reflete com precisão a realidade dos ganhos internos e, assim, afeta os resultados. Além disso, o método sazonal considera necessidades de climatização contínuas, 24 horas por dia, ao longo de todo o ano, mesmo quando não há ocupação, resultando num possível sobredimensionamento das necessidades, tanto de aquecimento como de arrefecimento.

Por outro lado, na simulação dinâmica são definidos os ganhos internos específicos (pessoas, iluminação e equipamentos elétricos ou de queima de gás) assim como os horários de utilização, permitindo uma maior aproximação à realidade, já que a climatização é ajustada consoante a ocupação e o funcionamento dos equipamentos. Assim, conclui-se que a simulação dinâmica oferece valores mais precisos e próximos da realidade.

Em conclusão, os resultados apresentados evidenciam que tanto o método sazonal como a simulação dinâmica têm credibilidade e aplicabilidade na avaliação energética de habitações.

O método sazonal, apesar de ser mais simplificado e assumir parâmetros térmicos constantes, oferece um balanço energético credível e permite uma rápida obtenção de resultados, sendo particularmente útil para uma análise expedita, pois o tempo necessário para se produzir os resultados é consideravelmente inferior. No entanto, as limitações inerentes à sua abordagem, como seja a consideração de cargas internas constantes e a incapacidade de considerar

variações térmicas diárias, podem levar a uma estimativa menos precisa das necessidades energéticas.

Por outro lado, a simulação dinâmica, ao incorporar uma análise horária detalhada e multizona, proporciona uma representação mais fiel das condições térmicas reais, ajustando-se de forma mais precisa às variações nas condições internas e externas. Esta abordagem mais detalhada permite uma estimativa mais rigorosa das necessidades energéticas.

Foi possível concluir que, ambos os métodos de cálculo propostos se mostraram fiáveis na produção de resultados consistentes e úteis para a avaliação energética de habitações.

MEDIDAS DE MELHORIA

No presente capítulo, pretende-se converter o edifício em estudo num edifício NZEB. Para alcançar este objetivo, foram propostas diversas medidas de eficiência energética, com o intuito de avaliar os impactos individuais de cada uma no desempenho energético e na classificação energética do edifício, com particular atenção ao cumprimento dos requisitos NZEB.

Deste modo, apresentam-se as medidas de melhoria propostas no presente trabalho:

- Medida de melhoria I: Substituição da envolvente do edifício de construção tradicional portuguesa por uma envolvente composta por painéis modulares da ModTech;
- Medida de melhoria II: Substituição do sistema AVAC do edifício por um sistema mais eficiente;
- Medida de melhoria III: Instalação de um sistema fotovoltaico no edifício.

Após a implementação individual das medidas de melhoria no edifício, procedeu-se à avaliação do efeito da aplicação conjunta de todas as medidas de melhoria para verificar se de facto, o edifício é convertido num NZEB.

5.1 Medida de melhoria I - Painéis modulares da ModTech

A medida de melhoria I consiste na substituição da envolvente do edifício em estudo por uma envolvente composta pelos painéis modulares da ModTech.

Note-se que foi definida uma abordagem específica para o presente trabalho. Inicialmente foi considerado, apenas para efeitos exclusivos deste trabalho, que o edifício previsto se trata de um edifício novo de construção típica portuguesa. No entanto, o edifício real corresponde ao edifício já composto pelos painéis modulares na sua envolvente. Optou-se por adotar esta abordagem, por forma a ser possível realizar uma comparação entre a construção

típica portuguesa do edifício previsto e a construção modular utilizando os painéis da ModTech. Assim, surgiu a medida de melhoria I. Por fim, esta abordagem torna mais viável a transformação do edifício previsto num edifício NZEB, dada a elevada eficiência da construção modular face à construção típica portuguesa.

Na Figura 5.1 apresentam-se os painéis modulares da ModTech utilizados em obra. E na Figura 5.2 é possível observar a habitação real em estudo constituída pelos painéis modulares da ModTech em toda a sua envolvente.

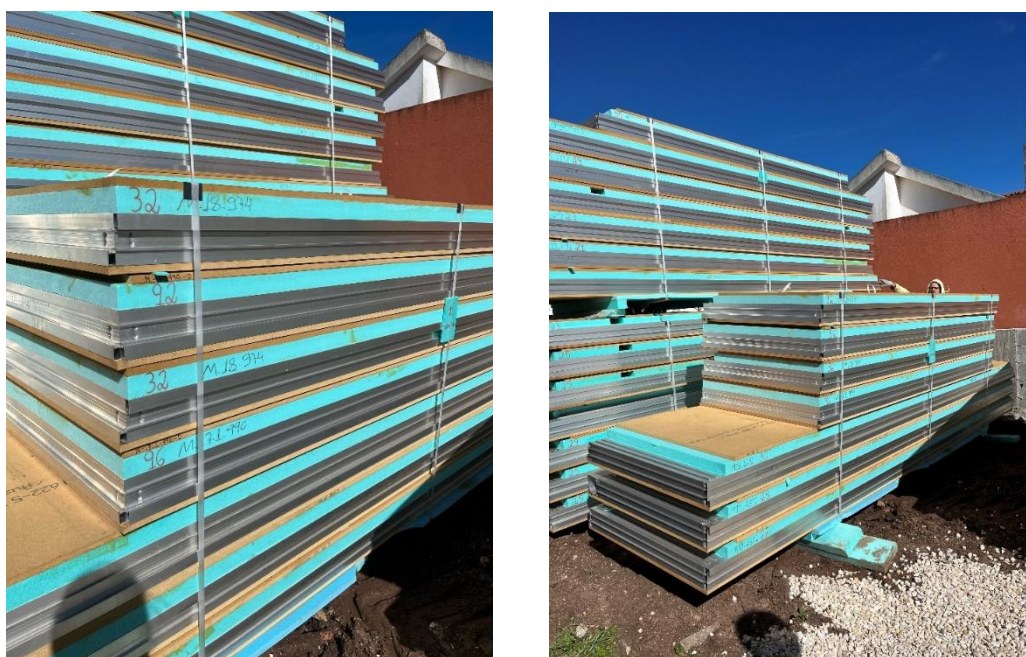


Figura 5.1 - Painéis modulares da ModTech



Figura 5.2 - Casa de Loures - Envolvente composta pelos painéis modulares da ModTech [33]

Na Figura 5.3 é apresentada a constituição do painel modular da ModTech.

- 1. Reboco Armado Interior 4mm
- 2. AGEPAN DWD Protect 16mm
- 3. XPS 100mm
- 4. XPS 50mm
- 5. Estrutura em Alumínio (EN AW6060 T5)
- 6. AGEPAN DWD Protect 16mm
- 7. Aglomerado de Cortiça 40mm
- 8. Reboco Armado Exterior NEUCE 4mm

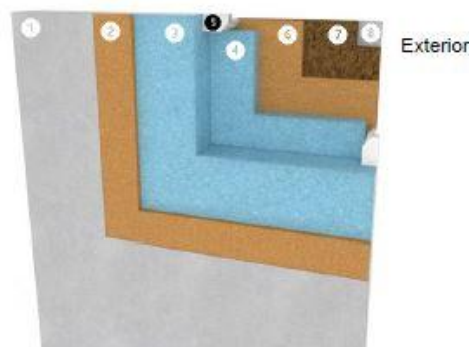


Figura 5.3 - Constituição do painel modular da ModTech [33]

Para implementar esta medida de melhoria no edifício, no modelo computacional, foi necessário calcular os coeficientes globais de transmissão térmica dos respetivos elementos construtivos da envolvente, conforme se apresenta no Anexo H. Repare-se que, uma vez que os painéis modulares são utilizados em todos os elementos da envolvente (paredes, pavimentos e cobertura), as características térmicas mantêm-se as mesmas para os diferentes elementos construtivos, diferindo apenas nos valores das resistências térmicas superficiais.

Assim, para implementar a medida de melhoria I no software *DesignBuilder*, foi utilizado o modelo computacional desenvolvido do edifício previsto, alterando-se apenas a constituição da envolvente. Foram inseridos todos os parâmetros relativos aos painéis modulares, mantendo-se inalterados os restantes parâmetros do modelo.

É importante salientar que, devido à alteração da envolvente com a introdução dos painéis modulares, a espessura das paredes do edifício também foi alterada, o que resultou numa

alteração da área útil total do pavimento no modelo computacional. Desta forma, a área útil total de pavimento do edifício, que inicialmente era de 108,36 m², foi alterada para 110,59 m² após implementada a medida de melhoria I no modelo computacional. Este aumento de área útil total de pavimento deveu-se ao facto de que, no *software* utilizado, é necessário inserir as medidas externas do edifício, ou seja, como se manteve o modelo tridimensional utilizado inicialmente e uma vez que a espessura dos painéis modulares é inferior à espessura dos elementos caracterizados pela construção típica portuguesa, existiu uma redução de espessura no modelo computacional o que resultou num aumento da área útil total do pavimento após implementada esta medida de melhoria no *software*.

Na Tabela 5.1, são apresentadas as necessidades anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício antes e depois da implementação da medida de melhoria I, obtidos na simulação dinâmica realizada no *DesignBuilder*.

Tabela 5.1 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e da medida de melhoria I - simulação dinâmica

	Edifício previsto	Medida de melhoria I
Necessidades aquecimento [kWh/ano]	3289,41	2453,21
Necessidades arrefecimento [kWh/ano]	1447,80	1657,09

Após a implementação da medida de melhoria I no edifício, observou-se uma redução significativa nas necessidades de aquecimento. Esta redução deve-se às propriedades isolantes dos painéis modulares da ModTech, que apresentam um desempenho superior em comparação com a construção tradicional portuguesa utilizada no projeto inicial do edifício.

O isolamento térmico proporcionado pelos painéis modulares teve um impacto positivo na eficiência energética do edifício durante os meses mais frios, diminuindo consideravelmente a quantidade de energia necessária para manter o conforto térmico interno. Estes painéis reduzem as perdas de calor através das paredes, minimizando assim a necessidade de aquecimento constante e contribuindo para uma gestão mais eficiente do consumo energético.

No entanto, embora as necessidades de aquecimento tenham diminuído, verificou-se um aumento nas necessidades de arrefecimento. Este efeito é igualmente resultado das

propriedades isolantes dos painéis modulares. Durante o dia, o ar no interior do edifício tende a aquecer devido à exposição solar, e o isolamento eficaz da envolvente dificulta a dissipação desse calor para o exterior. Como consequência, a temperatura interna eleva-se, especialmente nos meses mais quentes, aumentando assim a necessidade de sistemas de arrefecimento para garantir o conforto térmico dos ocupantes.

Portanto, enquanto os painéis modulares da ModTech proporcionam uma vantagem clara na redução das necessidades de aquecimento, o seu impacto no conforto térmico do edifício durante o verão requer uma abordagem equilibrada, considerando medidas complementares para mitigar o aumento das necessidades de arrefecimento.

A Tabela 5.2 apresenta os consumos elétricos anuais do edifício previsto e do edifício após implementada a medida de melhoria I, obtidos na simulação dinâmica. Observa-se uma redução no consumo elétrico destinado ao aquecimento, uma vez que as necessidades de energia útil para aquecimento são menores. Por outro lado, o consumo elétrico destinado ao arrefecimento registou um ligeiro aumento, pois as necessidades de energia útil para arrefecimento são superiores às do edifício inicialmente projetado.

Tabela 5.2 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e Medida de melhoria I

Consumo elétrico anual [kWh/ano]		Edifício previsto	Medida de melhoria I
Aquecimento		1056,75	793,33
Arrefecimento		584,79	660,56
Iluminação		304,27	304,27
Equipamentos		1342,75	1342,75
Ventilação	Ventiladores de extração I.S.1/I.S.2	91,25	91,25
	Ventiladores dos equipamentos de climatização	47,05	41,80
	Total	138,30	133,05
AQS		0	0
Total		3426,86	3233,96

As necessidades nominais anuais de energia primária do edifício após implementada a medida de melhoria I são dadas pela Equação 5.1:

$$\begin{aligned}
N_{tc} &= \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{Q_a/A_p}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) \\
&\quad + \left(\frac{W_{vm}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) = \\
&= \left(\frac{793,33}{110,59} \times 2,5 \right) + \left(\frac{660,56}{110,59} \times 2,5 \right) + \left(\frac{\frac{2377}{110,59}}{0,89} \times 1,0 \right) + \left(\frac{91,25}{110,59} \times 2,5 \right) = \\
&= 59,08 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}
\end{aligned} \tag{5.1}$$

O edifício, após implementada a medida de melhoria I, apresenta um consumo global de energia primária de 59,08 kWh_{EP}/m².ano.

A Tabela 5.3 e a Tabela 5.4, resumem o impacto que a medida de melhoria I apresenta no cálculo dos indicadores energéticos e nos requisitos NZEB, respetivamente.

Tabela 5.3 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria I

Medida de melhoria I		Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	22,18	N_i [kWh/m ² .ano]	37,34
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	14,98	N_v [kWh/m ² .ano]	14,14
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25*	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	0	E_{ren} [kWh/ano]	0
E_{renAQS} [kWh/ano]	0	E_{renAQS} [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	59,08	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	68,82

*O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

Tabela 5.4 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria I

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{22,18}{37,34} = 0,59$	Cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{14,98}{14,14} = 1,06$	Não cumpre
Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{59,08}{68,82} = 0,86$	Não cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	B-	Não cumpre
Energia Renovável		$Ren_{HAB} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0$	Não cumpre

Verifica-se que esta medida de melhoria tem um impacto direto nas necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento. Embora o requisito NZEB relativo às necessidades de aquecimento seja cumprido, o mesmo não se verifica em relação ao requisito NZEB para as necessidades de arrefecimento. Além disso, os requisitos relativos à energia primária, classe energética e energia renovável não são satisfeitos. Desta forma, esta medida não é suficiente para garantir o cumprimento de todos os requisitos NZEB.

5.2 Medida de melhoria II - Sistema AVAC

A medida de melhoria II proposta consiste na substituição do sistema AVAC instalado no edifício previsto por um sistema mais eficiente do que o existente.

O sistema de climatização proposto é composto por uma unidade exterior do tipo bomba de calor *multisplit* que alimenta quatro unidades interiores em diferentes espaços do edifício, garantindo conforto térmico aos ocupantes. Estas unidades interiores, do tipo mural, são responsáveis por climatizar os três quartos e a sala+cozinha. Incluída no sistema de climatização está uma unidade de ventilação mecânica de fluxos cruzados. Esta unidade

desempenha um papel crucial ao extrair o ar viciado do interior e introduzir ar fresco do exterior, contribuindo para a qualidade do ar interior. Além disso, o recuperador de calor pré-trata o ar fresco, transferindo parte da energia do ar de exaustão para o ar novo, reduzindo assim a carga térmica e consequente consumo energético do equipamento de produção térmica. A integração da unidade de ventilação mecânica não só melhora a eficiência energética do sistema de climatização, mas também otimiza o conforto térmico e a qualidade do ar interior do edifício.

A Tabela 5.5 apresenta as características técnicas do sistema de climatização instalado no edifício. No Anexo I apresenta-se a ficha técnica da unidade de ventilação mecânica instalada e no Anexo J apresenta-se a ficha técnica do sistema de climatização instalado.

Tabela 5.5 - Características técnicas do sistema de climatização instalado

Espaço	Unidade	Ref.	Marca	Modelo	Qtd.	Arrefeci- mento		Aqueci- mento	
						Cap. [kW]	EER	Cap. [kW]	COP
Quartos 1, 2 e 3	Unidade interior	UI1	Panasonic	CS- TZ20WKEW	3	2,00	-	3,20	-
Sala +Cozinha	Unidade interior	UI2	Panasonic	CS- TZ42TKEW	1	4,20	-	5,00	-
-	Unidade Exterior	UE	Panasonic	CU-4Z80TBE	1	-	4,04	-	4,63

Para implementar a medida de melhoria II no *software DesignBuilder*, foi utilizado o modelo computacional desenvolvido do edifício previsto, modificando-se apenas o sistema AVAC do mesmo. Na Figura 5.4 apresenta-se a representação gráfica do sistema AVAC desenvolvido no *software*, onde foram inseridas as características técnicas dos equipamentos selecionados.

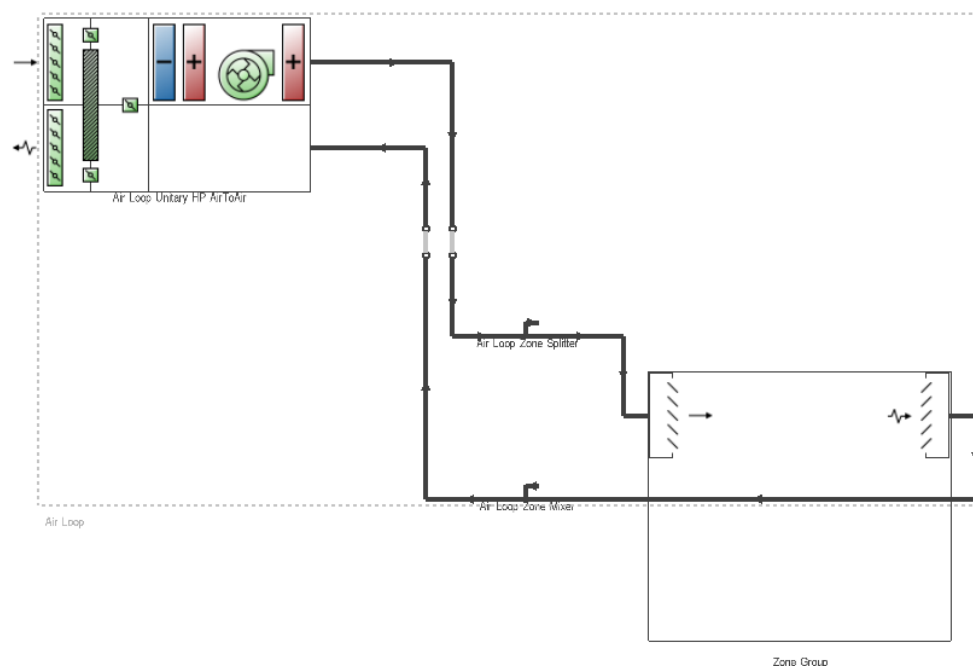


Figura 5.4 - Representação gráfica do sistema AVAC instalado

Na Tabela 5.6, são apresentadas as necessidades anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício antes e depois da implementação da medida de melhoria II, obtidos na simulação dinâmica realizada no *DesignBuilder*.

Tabela 5.6 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e da medida de melhoria II - simulação dinâmica

	Edifício previsto	Medida de melhoria II
Necessidades aquecimento [kWh/ano]	3289,41	979,33
Necessidades arrefecimento [kWh/ano]	1447,80	842,59

Verifica-se que as necessidades de aquecimento e de arrefecimento diminuíram significativamente após esta medida ser implementada no edifício. Esta diminuição deve-se principalmente ao sistema de ventilação mecânica de fluxos cruzados agora previsto. Este sistema transfere o calor do ar extraído do interior do edifício de/para o ar fresco que entra. Desta forma, durante o inverno, o ar frio do exterior é pré-aquecido, reduzindo a necessidade de aquecimento adicional. No verão, o processo é inverso, ajudando a arrefecer o ar que entra e diminuindo a necessidade de arrefecimento.

Os efeitos desta melhoria refletem-se nos consumos elétricos anuais apresentados na Tabela 5.7, onde se verifica uma diminuição do consumo de energia elétrica destinada ao aquecimento e arrefecimento, que se deve à redução das necessidades energéticas do edifício.

Tabela 5.7 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e Medida de melhoria II

Consumo elétrico anual [kWh/ano]		Edifício previsto	Medida de melhoria II
Aquecimento		1056,75	164,75
Arrefecimento		584,79	288,15
Iluminação		304,27	304,27
Equipamentos		1342,75	1342,75
Ventilação	Ventiladores de extração I.S.1/I.S.2	91,25	91,25
	Ventiladores dos equipamentos de climatização e da unidade de ventilação mecânica	47,05	471,02
	Total	138,30	562,27
AQS		0	0
Total		3426,86	2662,19

As necessidades nominais anuais de energia primária do edifício após implementada a medida de melhoria II são dadas pela Equação 5.2:

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{Q_a/A_p}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) \\
 &\quad + \left(\frac{W_{vm}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) = \\
 &= \left(\frac{164,75}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{288,15}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{\frac{2377}{108,36}}{0,89} \times 1,0 \right) + \left(\frac{91,25}{108,36} \times 2,5 \right) = \\
 &= 37,20 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

A Tabela 5.8 apresenta os indicadores energéticos do edifício após implementada a medida de melhoria II. E a Tabela 5.9 apresenta o impacto desta medida no cumprimento dos requisitos NZEB.

Tabela 5.8 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria II

Medida de melhoria II		Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	9,04	N_i [kWh/m ² .ano]	37,34
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	7,78	N_v [kWh/m ² .ano]	14,14
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25*	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	0	E_{ren} [kWh/ano]	0
$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0	$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	37,40	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	68,82

*O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

Tabela 5.9 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria II

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{9,04}{37,34} = 0,24$	Cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{7,78}{14,14} = 0,55$	Cumpre
Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{37,20}{68,82} = 0,54$	Não cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	B	Não cumpre
Energia Renovável		$Ren_{HAB} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0$	Não cumpre

A implementação desta medida no edifício, resulta no cumprimento dos requisitos NZEB relativos às necessidades de aquecimento e arrefecimento. Além disso, a medida contribuiu para a melhoria da classificação energética do edifício, que passou a ser classe B, contudo, esta medida não é suficiente para garantir o cumprimento deste requisito quando aplicada isoladamente, embora os valores estejam muito próximos dos mínimos exigidos. O requisito de energia renovável também não é cumprido, uma vez que não existe energia proveniente de sistemas que recorram a fontes de energia renovável.

5.3 Medida de melhoria III - Sistema fotovoltaico

A moradia em estudo está situada num local sem grandes obstruções no horizonte e com boa exposição solar. Neste sentido, propõe-se a instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo do edifício.

O sistema solar fotovoltaico proposto é composto por seis módulos de montagem fixa, com potência nominal de 1,0 kW. Os módulos devem ser instalados na cobertura do edifício, sobre suporte metálico com inclinação de 35° com o plano horizontal, e orientação a Sul.

O cálculo da produção do sistema solar fotovoltaico foi realizado utilizando o *software* SCE.ER, disponibilizado pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Este *software* permite estimar a produção de energia solar com base nas características específicas do sistema instalado. Para tal, é necessário parametrizar as especificações técnicas do sistema e, posteriormente, definir o perfil de consumo elétrico do edifício em estudo. A Figura 5.5 apresenta a parametrização do sistema instalado na moradia efetuada no *software* SCE.ER.

Sistema instalado em	São Julião do Tojal	(Loures, Grande Lisboa)	
Utilizados	<u>6</u> módulos fotovoltaicos	<u>exemplo módulo PV</u>	(160 W)
em	<u>1</u> string	de potência nominal 1,0 kW (8 m ²),	<u>montagem fixa</u>
orientação	<u>0</u> ° em azimute e <u>35</u> ° em inclinação.		
Bloco inversor/controlador	<u>típico A+ (97%)</u>	com eficiência 97.0%	(1)
Perdas de eficiência PV por variação espectral de	<u>0,5%</u>		(2)
Perdas por problemas de limpeza dos painéis de	<u>0,5%</u>		
Perdas em interconexões	<u>1,0%</u> e outras perdas resistivas gerais	<u>0,7%</u>	(2)
Auto-consumos de	<u>3</u> kWh em ventiladores e	<u>0</u> kWh em seguimento do sol	
Tempo diurno gasto em resolução de avarias e manutenção de	<u>6</u> horas por ano		
Perdas adicionais na ligação à rede de	<u>0,5%</u>		(3)
Sistema explorado em modo de	<u>autoconsumo</u>	Capacidade de baterias	<u>0,0</u> kWh

(1) definição Europeia (2) da produção em DC (3) da produção em AC

Figura 5.5 - Parametrização do sistema solar fotovoltaico no *software* SCE.ER

O sistema solar fotovoltaico para autoconsumo é projetado para suprir tanto os usos regulados como os não regulados do edifício. Para avaliar o impacto do sistema sobre estes dois tipos de usos foi necessário desagregá-los. Desta forma, a energia produzida foi dividida entre a energia destinada aos usos regulados (E_{ren}) e a energia para outros usos ($E_{ren,ext}$).

Relativamente aos usos regulados, através da simulação dinâmica é possível obter os consumos elétricos detalhados ao longo de todo o ano, o que possibilita analisar o consumo elétrico não só em termos anuais, mas também desagregado por cada mês, dia ou até por hora. No entanto, para simplificar a análise e ainda assim manter a precisão da estimativa, foram considerados apenas os consumos elétricos mensais, conforme apresentado na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Consumo elétrico mensal destinado aos usos regulados do edifício

Mês	Aquecimento [kWh/ano]	Arrefecimento [kWh/ano]	Ventilação [kWh/ano]	Total [kWh/ano]
Janeiro	284,44	0	15,96	300,40
Fevereiro	193,55	0	12,56	206,11
Março	134,36	0	11,59	145,95
Abril	57	1,46	9,17	67,63
Maio	10,93	26,07	8,81	45,81
Junho	0,29	75,29	9,70	85,28
Julho	0	191,88	13,26	205,14
Agosto	0	191,51	13,25	204,76
Setembro	0	94,71	10,19	104,90
Outubro	6,57	3,87	8,04	18,48
Novembro	114,12	0	10,71	124,83
Dezembro	255,49	0	15,07	270,56
Total	1056,75	584,79	138,30	1779,84

Na utilização do *software* SCE.ER para a estimativa da produção do sistema solar fotovoltaico, após a devida parametrização do sistema, é necessário definir o perfil de consumo elétrico do edifício. Uma vez que o *software* utilizado apenas permite a parametrização de dois perfis de consumo, um de segunda-feira a sexta-feira e outro para os fins de semana, não distinguindo a possível diferença nos consumos ao longo dos meses em que esses perfis se verificam, a quantificação da produção do sistema pode levar à necessidade de várias simulações, atendendo aos perfis de consumo distintos que podem existir ao longo do ano.

O consumo elétrico mensal, obtido pela simulação dinâmica, foi então utilizado para calcular uma estimativa do consumo diário em cada mês, dividindo o valor mensal pelo número de dias do respetivo mês. Este passo permitiu definir a potência a ser utilizada em cada hora da simulação.

No entanto, como a análise se baseou no consumo elétrico mensal, não foi possível determinar a evolução horária precisa do consumo. Por essa razão, optou-se por assumir uma

potência constante ao longo das 24 horas do dia para definir o perfil de consumo elétrico de cada mês.

Com o perfil de consumo elétrico assim definido, e após parametrizar o sistema no *software* SCE.ER, foi possível obter a produção do sistema solar fotovoltaico (E_{ren}) para cada mês do ano.

Finalmente, a estimativa da produção total do sistema solar fotovoltaico para os usos regulados foi obtida somando os resultados de todas as simulações realizadas para os diferentes meses ao longo do ano, resultando numa energia produzida destinada aos usos regulados (E_{ren}) de 609,5 kWh/ano.

Na Tabela 5.11 apresenta-se a energia renovável produzida pelo sistema fotovoltaico para autoconsumo nos usos regulados do edifício para as várias simulações mensais realizadas.

Tabela 5.11 - Energia renovável obtida para autoconsumo nos usos regulados do edifício

Simulação	Mês	Consumo mensal [kWh/mês]	Número de dias	Consumo diário [Wh/dia]	Potência [W]	E_{ren} [kWh/ano]
Simulação 1	Jan.	300,40	31	9690	404	75
Simulação 2	Fev.	206,11	28	7361	307	68
Simulação 3	Mar.	145,95	31	4708	196	56
Simulação 4	Abr.	67,63	30	2254	94	29,1
Simulação 5	Mai.	45,81	31	1478	62	22,8
Simulação 6	Jun.	85,28	30	2843	118	40,2
Simulação 7	Jul.	205,14	31	6617	276	88
Simulação 8	Ago.	204,76	31	6605	275	84
Simulação 9	Set.	104,9	30	3497	146	43
Simulação 10	Out.	18,48	31	596	25	7,4
Simulação 11	Nov.	124,83	30	4161	173	40
Simulação 12	Dez.	270,56	31	8728	364	56
Total	-	1779,84	365	-	-	609,5

Relativamente aos usos não regulados, a energia produzida a partir do sistema solar fotovoltaico destinada ao autoconsumo refere-se à energia elétrica consumida pelos equipamentos e pela iluminação. Para estes usos, ao contrário do perfil elétrico estabelecido para os

usos regulados, foi possível definir um perfil horário detalhado, com base nas potências e horários de utilização dos equipamentos e da iluminação, conforme estabelecido no capítulo 3. Na Figura 5.6 apresenta-se o perfil do consumo elétrico dos usos não regulados definido no software SCE.ER. Com base neste perfil e no sistema fotovoltaico parametrizado, obteve-se uma energia renovável produzida para outros usos ($E_{ren,ext}$) de 286 kWh/ano, conforme apresentado na Figura 5.7.

Definição de perfil de consumo elétrico

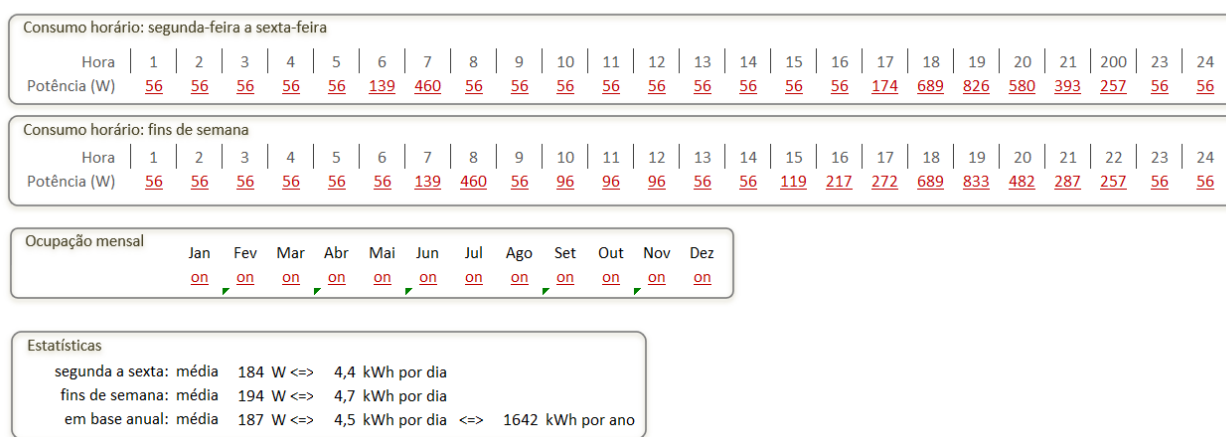


Figura 5.6 - Perfil do consumo elétrico dos usos não regulados do edifício

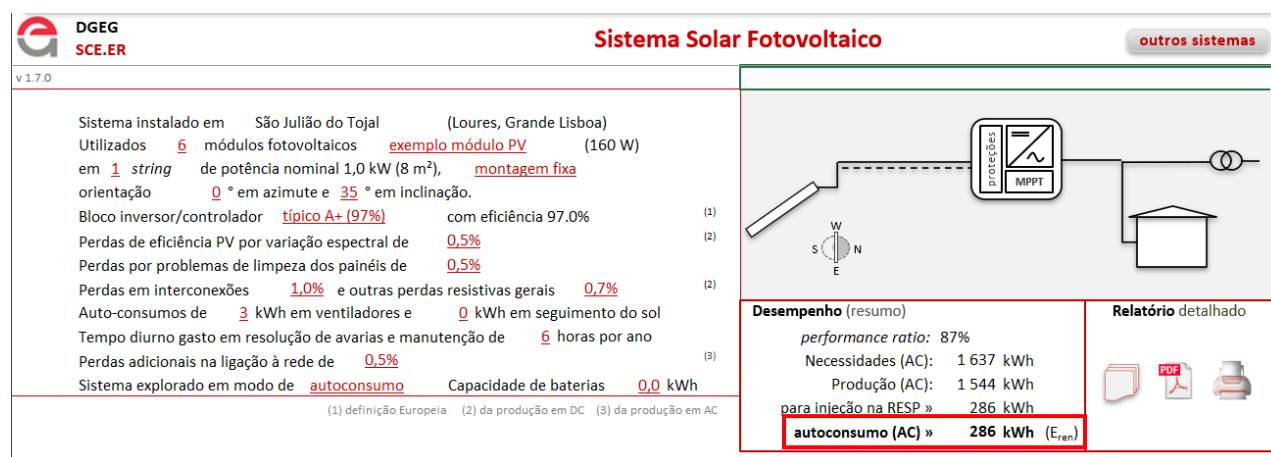


Figura 5.7 - Energia produzida pelo sistema fotovoltaico para os usos não regulados do edifício

As necessidades nominais anuais de energia primária do edifício após implementada a medida de melhoria III são dadas pela Equação 5.3:

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{Q_a/A_p}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) \\
 &\quad + \left(\frac{W_{vm}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) - \left(\frac{E_{ren,p}}{A_p} \times F_{pu,p} \right) = \\
 &= \left(\frac{1056,75}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{584,79}{108,36} \times 2,5 \right) + \left(\frac{\frac{2377}{108,36}}{0,89} \times 1,0 \right) + \left(\frac{91,25}{108,36} \times 2,5 \right) - \left(\frac{609,5}{108,36} \times 2,5 \right) = \\
 &= 45,44 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \quad (5.3)
 \end{aligned}$$

Note-se que, embora a energia final destinada ao aquecimento, arrefecimento, produção de AQS e o consumo da ventilação mecânica, após implementada esta medida de melhoria, mantenham-se iguais à do edifício previsto (Tabela 4.5), a introdução da produção de energia renovável tem um papel significativo no balanço das necessidades de energia primária, contribuindo para uma redução significativa das necessidades de energia primária em comparação ao edifício previsto.

É importante destacar que as necessidades nominais de energia primária consideram apenas a energia renovável produzida para os usos regulados do edifício, excluindo do cálculo a energia renovável produzida para os usos não regulados.

Na Tabela 5.12 são apresentados os indicadores energéticos obtidos com a implementação do sistema solar fotovoltaico no edifício.

Tabela 5.12 - Indicadores energéticos - Medida de melhoria III

Medida de melhoria III		Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	30,36	N_i [kWh/m ² .ano]	37,34
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	13,36	N_v [kWh/m ² .ano]	14,14
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25*	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	609,5	E_{ren} [kWh/ano]	0
$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0	$E_{ren}AQS$ [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	286	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	45,44	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	68,82

*O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

De acordo com o Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro, os edifícios de habitação novos ou sujeitos a grande renovação devem apresentar um nível mínimo de energia primária renovável, determinado pelo indicador de energia primária renovável em edifícios de habitação (Ren_{Hab}). Este indicador é obtido pela relação entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS. O indicador de energia primária renovável para o edifício em estudo é dado pela Equação 5.4:

$$Ren_{Hab} = \frac{\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}} = \frac{\frac{609,5}{108,36} \times 2,5}{\left(\frac{2377/108,36}{0,89} \right) \times 1,0} = 0,57 \quad (5.4)$$

Na Tabela 5.13 apresenta-se o efeito desta medida nos requisitos NZEB. A implementação desta medida resulta na melhoria da classificação energética do edifício, que passou a ser classe B. Além disso, o requisito relativo à energia renovável passou a ser cumprido.

Repare-se, no entanto, que este requisito encontra-se perto do limite para ser cumprido. Contudo, o perfil do consumo elétrico definido para a moradia foi sobredimensionado. Desta forma, a energia renovável produzida obtida (E_{ren}) é inferior à real, o que implica que o indicador de energia renovável obtido (Ren_{HAB}) também seja inferior ao real, garantindo assim o cumprimento do requisito de energia renovável. Foi ainda realizada uma análise de sensibilidade deste parâmetro, ou seja, para uma energia renovável produzida (E_{ren}) significativamente menor do que a obtida, este requisito continua a ser cumprido.

Tabela 5.13 - Verificação requisitos NZEB - Medida de melhoria III

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{30,36}{37,34} = 0,81$	Não cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{13,36}{14,14} = 0,94$	Cumpre
Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{45,44}{68,82} = 0,66$	Não cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	B	Não cumpre
Energia Renovável		$Ren_{HAB} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0,57$	Cumpre

5.4 Conjunto de todas as medidas de melhoria

Após a implementação individual de cada uma das medidas de melhoria propostas foi realizada uma avaliação global do impacto da aplicação conjunta de todas essas medidas com o objetivo de verificar se o edifício atinge a classificação de NZEB.

Na Tabela 5.14 são apresentadas as necessidades anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento tanto do edifício inicialmente projetado como do edifício após a implementação do conjunto das medidas de melhoria anteriormente propostas.

Observa-se que, após a aplicação destas medidas no edifício, tanto as necessidades de aquecimento e de arrefecimento diminuíram em comparação com o edifício inicialmente previsto. Consequentemente, verifica-se que o consumo elétrico destinado ao aquecimento e arrefecimento também é menor do que o inicial, conforme se apresenta na Tabela 5.15.

Tabela 5.14 - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício previsto e do conjunto das medidas de melhoria implementadas - simulação dinâmica

	Edifício previsto	Conjunto medidas melhoria
Necessidades aquecimento [kWh/ano]	3289,41	726,12
Necessidades arrefecimento [kWh/ano]	1447,80	1117,89

Tabela 5.15 - Consumos elétricos anuais - Edifício previsto e conjunto das medidas de melhoria

Consumo elétrico anual [kWh/ano]		Edifício previsto	Conjunto das medidas de melhoria
Aquecimento		1056,75	108,28
Arrefecimento		584,79	365,72
Iluminação		304,27	304,27
Equipamentos		1342,75	1342,75
Ventilação	Ventiladores de extração I.S.1/I.S.2	91,25	91,25
	Ventiladores dos equipamentos de climatização e da unidade de ventilação mecânica	47,05	443,39
	Total	138,30	534,64
AQS		0	0
Total		3426,86	2655,66

As necessidades nominais anuais de energia primária do edifício com o conjunto de todas as medidas propostas são dadas pela Equação 5.5:

$$\begin{aligned}
 N_{tc} &= \left(\frac{\text{Energia final aquec.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{\text{Energia final arref.}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) + \left(\frac{Q_a/A_p}{\eta_k} \times F_{pu,j} \right) \\
 &\quad + \left(\frac{W_{vm}}{A_p} \times F_{pu,j} \right) - \left(\frac{E_{ren,p}}{A_p} \times F_{pu,p} \right) = \\
 &= \left(\frac{108,28}{110,59} \times 2,5 \right) + \left(\frac{365,72}{110,59} \times 2,5 \right) + \left(\frac{2377}{\frac{110,59}{0,89}} \times 1,0 \right) + \left(\frac{91,25}{110,59} \times 2,5 \right) - \left(\frac{609,5}{110,59} \times 2,5 \right) = \\
 &= 23,15 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \quad (5.5)
 \end{aligned}$$

A Tabela 5.16 apresenta os indicadores energéticos do edifício após implementadas as três medidas de melhoria propostas. A Tabela 5.17 apresenta o impacto do conjunto das medidas no cumprimento dos requisitos NZEB. Verifica-se que o edifício inicialmente projetado foi efetivamente convertido num NZEB.

Tabela 5.16 - Indicadores energéticos - Conjunto das medidas de melhoria

Conjunto das medidas de melhoria		Referência	
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	6,57	N_i [kWh/m ² .ano]	37,34
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	10,11	N_v [kWh/m ² .ano]	14,14
Q_a [kWh/ano]	2377	$Q_{a_{ref}}$ [kWh/ano]	2377
W_{vm} [kWh/ano]	91,25*	W_{vm} [kWh/ano]	-
E_{ren} [kWh/ano]	609,5	E_{ren} [kWh/ano]	0
E_{renAQS} [kWh/ano]	0	E_{renAQS} [kWh/ano]	0
$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	286	$E_{ren,ext}$ [kWh/ano]	0
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	23,15	N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	68,82

*O consumo dos ventiladores não contabiliza os ventiladores dos equipamentos de climatização.

Tabela 5.17 - Verificação requisitos NZEB - Conjunto de todas as medidas de melhoria

Parâmetros	Zona climática	Requisito NZEB	Resultado	Obs.
Necessidades de aquecimento	I1	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$\frac{N_{ic}}{N_i} = \frac{6,57}{37,34} = 0,18$	Cumpre
	I2	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	n.a.	n.a.
	I3	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$	n.a.	n.a.
Necessidades de arrefecimento	I1/I2/I3	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$	$\frac{N_{vc}}{N_v} = \frac{10,11}{14,14} = 0,71$	Cumpre
Energia Primária		$N_{tc} \leq 0,50 N_t$	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{23,15}{68,82} = 0,34$	Cumpre
Classe energética		Igual ou superior a A	A	Cumpre
Energia Renovável		$Ren_{HAB} \geq 0,50$	$Ren_{Hab} = 0,57$	Cumpre

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

O principal objetivo desta dissertação consistiu na análise e estudo de soluções técnicas de captação e utilização de energia para uma moradia unifamiliar, com o intuito de verificar o seu potencial para se enquadrar nos critérios de um edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB), de acordo com a legislação nacional. Este objetivo foi integralmente alcançado, uma vez que, através das soluções técnicas propostas, a moradia foi convertida num NZEB.

Este estudo teve início com uma revisão bibliográfica sobre o conceito de NZEB, considerando a legislação europeia e nacional, bem como os métodos de avaliação energética de edifícios de habitação em Portugal, destacando-se o método sazonal e a simulação dinâmica.

O caso de estudo do trabalho era referente a uma moradia pré-fabricada de construção modular. No entanto, a habitação foi caracterizada com base numa construção tipicamente portuguesa e sistemas técnicos que cumpriam os requisitos mínimos legais, sendo a construção modular adotada posteriormente como medida de melhoria. Esta abordagem permitiu uma comparação entre ambas as tipologias construtivas.

Numa primeira fase, procedeu-se à caracterização do edifício em estudo, onde foram estabelecidos todos os dados relevantes sobre o edifício e os seus sistemas técnicos, incluindo o levantamento da ocupação, de potências de equipamentos e de iluminação da moradia e respetivos perfis de funcionamento.

De seguida, por forma a avaliar o desempenho energético da moradia, foram realizadas duas simulações energéticas, uma sazonal e outra dinâmica, com o intuito de comparar os resultados entre ambas. Os resultados indicaram que a simulação dinâmica apresenta maior

precisão e detalhe face ao método sazonal, pelo que esta foi adotada como metodologia principal para o estudo.

A simulação dinâmica revelou que o edifício inicialmente projetado apresentava um consumo global de energia primária de $64,62 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$, distribuído por aquecimento ambiente (38%), preparação de água quente sanitária (38%), arrefecimento ambiente (21%) e ventilação (3%).

Com base nestes resultados, verificou-se que o edifício não cumpria os requisitos para ser considerado um NZEB.

Com o objetivo de tornar o edifício num NZEB, foram propostas três medidas de melhoria: (I) substituição da envolvente do edifício de construção tradicional portuguesa por uma construção modular, utilizando os painéis modulares da ModTech; (II) substituição do sistema de AVAC por um sistema mais eficiente; e (III) instalação de um sistema fotovoltaico no edifício.

As três medidas de melhoria foram implementadas de forma individual, permitindo assim avaliar o impacto específico de cada uma no desempenho energético global do edifício.

A primeira medida, a substituição da envolvente do edifício por uma construção modular com painéis da ModTech, resultou numa melhoria significativa no isolamento térmico. Esta medida melhorou o isolamento térmico, reduzindo a energia necessária para aquecimento durante o inverno. No entanto, aumentou as necessidades de arrefecimento no verão, devido à dificuldade de dissipação do calor acumulado.

A segunda medida, a substituição do sistema de AVAC por um sistema mais eficiente, também demonstrou um impacto relevante, reduzindo o consumo energético associado à climatização do edifício.

Por fim, a terceira medida, a instalação de um sistema fotovoltaico, teve um impacto significativo na produção de energia renovável local. Este sistema permitiu ao edifício gerar parte da sua própria eletricidade a partir da energia solar, diminuindo a dependência de fontes de energia não-renováveis e reduzindo os custos energéticos operacionais.

A implementação conjunta destas medidas resultou numa redução significativa do consumo global de energia primária para $23,15 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$, representando uma diminuição de $41,47 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$ em comparação com o edifício inicialmente projetado.

Verificou-se também que o edifício, com as medidas de melhoria aplicadas, cumpre os requisitos de um NZEB, tendo sido alcançado o principal objetivo deste trabalho.

A Tabela 6.1 apresenta um resumo dos diferentes cenários estudados ao longo do trabalho, as soluções técnicas utilizadas em cada cenário, assim como os resultados obtidos nas simulações e o cumprimento dos requisitos NZEB em cada caso.

Tabela 6.1 - Tabela resumo das soluções técnicas estudadas e dos resultados obtidos

	Edifício previsto		Medida de melhoria I	Medida de melhoria II	Medida de melhoria III	Conjunto Medidas de melhoria
	Método Sazonal	Simulação dinâmica				
Descrição das medidas de melhoria	-	-	Solução de construção modular	Substituição do sistema AVAC	Instalação sistema fotovoltaico	-
Solução construtiva	Construção típica portuguesa	Construção típica portuguesa	Construção modular	Construção típica portuguesa	Construção típica portuguesa	Construção modular
Cargas internas	Valor fixo de 4 W/m^2	Foram definidas as cargas internas e arbitrados os perfis de ocupação, iluminação e equipamentos				
Ventilação	Infiltrações + Extração I.S.	Infiltrações + Extração I.S.	Infiltrações + Extração I.S.	Unidade de ventilação mecânica	Infiltrações + Extração I.S.	Unidade de ventilação mecânica
Climatização	<i>Splits</i> individuais	<i>Splits</i> individuais	<i>Splits</i> individuais	Sistema <i>multisplit</i>	<i>Splits</i> individuais	Sistema <i>multisplit</i>
AQS	Esquentador de água a gás natural					
Sistema renovável	-	-	-	-	Sistema fotovoltaico	Sistema fotovoltaico
N_{ic} [kWh/m ² .ano]	36,34	30,36	22,18	9,04	30,36	6,57
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	12,86	13,36	14,98	7,78	13,36	10,11
N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]	64,55	64,62	59,08	37,20	45,44	23,15
Ren_{HAB}	0	0	0	0	0,57	0,57
Classe energética	B-	B-	B-	B	B	A
Requisitos NZEB	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre	Cumpre

Globalmente, este estudo demonstra que a utilização da simulação dinâmica é uma ferramenta extremamente útil para a avaliação energética de edifícios, permitindo uma análise detalhada do comportamento energético da moradia em estudo e das medidas de melhoria propostas. Esta abordagem reforça a importância de utilizar metodologias avançadas para otimizar o desempenho energético de edifícios e alcançar os objetivos estabelecidos pela regulamentação nacional e europeia para edifícios de necessidades quase nulas de energia (NZEB).

6.2 Trabalhos Futuros

No âmbito deste trabalho, com o objetivo de aprofundar o estudo sobre edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEB), propõem-se os seguintes trabalhos futuros:

- **Análise dos consumos energéticos reais:** Uma vez que a moradia em estudo ainda se encontra em fase de construção, não foi possível, neste trabalho, obter os consumos energéticos reais. Assim, após a conclusão da construção e ocupação da moradia, propõe-se a realização de um novo estudo energético, baseado nos consumos reais de energia da habitação, incluindo perfis reais de ocupação, iluminação e equipamentos. Este estudo permitirá comparar os resultados obtidos com as simulações realizadas e avaliar a precisão das metodologias utilizadas no presente trabalho.
- **Avaliação económica das medidas de melhoria:** Sugere-se a realização de uma análise económica que avalie o custo-benefício das medidas de melhoria implementadas para determinar a sua viabilidade financeira e retorno do investimento.
- **Investigação de outras medidas de melhoria:** Investigar outras medidas de melhoria para otimizar ainda mais a eficiência energética do edifício, tal como a integração de uma bomba de calor para aquecimento das águas quentes sanitárias.
- **Investigação de tecnologias emergentes:** Sugere-se a integração de tecnologias emergentes no edifício, como a inteligência artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT), que podem otimizar ainda mais o seu desempenho energético, através do controlo e monitorização do consumo energético.
- **Análise do ciclo de vida útil dos materiais e sistemas técnicos:** Como proposta adicional, sugere-se um estudo sobre o ciclo de vida útil dos materiais utilizados na construção, dos sistemas técnicos instalados e do próprio edifício. Esta análise permitirá avaliar o

impacto ambiental global ao longo da vida útil do edifício, contribuindo para promover uma construção mais sustentável.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Buildings - Energy System - IEA." [Online]. Available: <https://www.iea.org/energy-system/buildings>. [Accessed: 28-Jan-2024].
- [2] "Edifícios - Eficiência Energética - DGEG." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>. [Accessed: 28-Jan-2024].
- [3] EPBD 2010/31/UE, "Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010 , relativa ao desempenho energético dos edifícios," *J. Of. nº L 153*, 2010.
- [4] "Eficiência energética nos edifícios - ADENE." [Online]. Available: <https://www.adene.pt/eficiencia-energetica-nos-edificios/>. [Accessed: 28-Jan-2024].
- [5] "Energy Performance of Buildings Directive." [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en. [Accessed: 03-Feb-2024].
- [6] EPBD 2002/91/CE, "Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios," *J. Of. da União Eur.*, 2002.
- [7] "Energy Performance of Buildings Directive - Deepki." [Online]. Available: <https://www.deepki.com/glossary/energy-performance-of-buildings-directive/>. [Accessed: 03-Feb-2024].
- [8] J. Oficial, C. Europeias, and C. Europeia, "Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE," *J. Of. da União Eur.*, 2015.
- [9] "Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 – Portugal Energia." [Online]. Available: <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/>. [Accessed: 04-Feb-2024].
- [10] C. Europeia, "Bruxelas, 30.11.2016 COM(2016) 765 final 20160381 (COD) - Proposta de DIRETIVA DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios," vol. 0381, 2016.
- [11] Parlamento Europeu e do Conselho, "Directiva 2018/844 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência

- energética," *J. Of. da União Eur.*, vol. L156, pp. 75–91, 2018.
- [12] "Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>. [Accessed: 04-Feb-2024].
- [13] "Objetivo 55 – O plano da UE para uma transição ecológica - Consilium." [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>. [Accessed: 05-Feb-2024].
- [14] "RELATÓRIO sobre a aplicação da Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios | A9-0321/2021 | Parlamento Europeu." [Online]. Available: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0321_PT.html. [Accessed: 05-Feb-2024].
- [15] "Objetivo 55: Conselho e Parlamento chegam a acordo sobre a proposta de revisão da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios - Consilium." [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2023/12/07/fit-for-55-council-and-parliament-reach-deal-on-proposal-to-revise-energy-performance-of-buildings-directive/>. [Accessed: 05-Feb-2024].
- [16] RCCTE, "Decreto-Lei n.º 40/90," *Portuguese Republic Diary n.º 31/1990*, vol. 31. pp. 490–504, 1990.
- [17] RSECE, "Decreto-Lei n.º 118/98," *Port. Repub. Diary*, no. 118, pp. 2114–2129, 1998.
- [18] "Legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios." [Online]. Available: <https://www.sce.pt/legislacao/>. [Accessed: 13-Feb-2024].
- [19] Ministério Da Economia E Da Inovação, "Decreto-Lei n.º 78/2006," *Diário da República*, vol. 67, pp. 2–6, 2006.
- [20] Ministério das Obras Públicas, "Decreto-Lei n.º 79/2006," *Diário da República*, no. 4 de Abril, pp. 53 (2416-2468), 2006.
- [21] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, "Decreto-Lei n.º 80/2006," *Diário da República*, vol. 1ª série-A, no. 67, pp. 2468–2513, 2006.
- [22] Ministério da Economia e do Emprego, "Decreto-Lei n.º 118/2013," *Diário da República*, vol. 159, pp. 4988–5005, 2013.
- [23] "Desempenho energético de edifícios." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/desempenho-energetico-de-edificios/>. [Accessed: 06-Feb-2024].
- [24] Presidência do Conselho de Ministros, "Decreto-Lei n.º 101-D/2020 - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios," *Diário da República n.º 237/2020, 1º Supl. Série I 2020-12-07*, no. 2, pp. 7-(21) a 7-(45), 2020.
- [25] "FAQ_old - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios." [Online]. Available: <https://www.sce.pt/faq-old/>. [Accessed: 04-Mar-2024].
- [26] Presidência do Conselho de Ministros, "DL n.º 102/2021, 19 de novembro," *Diário da República*, vol. 1ª série, no. 225, pp. 6–15, 2021.
- [27] E. Ohene, A. P. C. Chan, and A. Darko, "Review of global research advances towards net-zero emissions buildings," *Energy Build.*, vol. 266, p. 112142, 2022, doi:

- 10.1016/j.enbuild.2022.112142.
- [28] D. D'Agostino, S. T. Tzeiranaki, P. Zangheri, and P. Bertoldi, "Assessing Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) development in Europe," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 36, no. March, p. 100680, 2021, doi: 10.1016/j.esr.2021.100680.
 - [29] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), "Manual SCE," p. 252, 2021.
 - [30] "DesignBuilder Software Ltd - Home." [Online]. Available: <https://designbuilder.co.uk/>. [Accessed: 10-Feb-2024].
 - [31] "EnergyPlus." [Online]. Available: <https://energyplus.net/>. [Accessed: 10-Feb-2024].
 - [32] "DesignBuilder Help - Welcome to DesignBuilder v7." [Online]. Available: https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/#GetStarted.htm?TocPath=Get%2520Started%257C___0. [Accessed: 27-Jul-2024].
 - [33] "Homepage - ModTech - Construção Modular." [Online]. Available: <https://modtech.pt/>. [Accessed: 07-Feb-2024].
 - [34] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia; and D.-G. de E. e Geologia, "Despacho N.º 15793-F/2013," *Diário da República n.º 234/2013, 3º Supl. Série II 2013-12-03*, vol. 2.ª série, no. 234, pp. 26–31, 2013.
 - [35] N. Portuguesa, "Norma Np 1037-1," vol. 7, pp. 1–46, 2002.
 - [36] J. S. Rosa, "PERFORMANCE ANALYSIS OF A FREEZING TUNNEL IN A FOOD SECTOR COMPANY (ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO EM UMA EMPRESA DO SETOR ALIMENTÍCIO)," no. December 2018, 2020.
 - [37] "Itecons - Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade." [Online]. Available: <https://www.itecons.uc.pt/>. [Accessed: 21-Dec-2024].
 - [38] W. J. Hee *et al.*, "ANSI/ASHRAE Standard 140-2017 Standard," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 42, pp. 323–343, 2015.

ANEXOS

ANEXO A - Plantas da moradia em estudo

ANEXO B - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção típica portuguesa

ANEXO C - Cálculo inércia térmica

ANEXO D - Vãos envidraçados e caixilharia

ANEXO E - Perfis de iluminação

ANEXO F - Cargas térmicas dos equipamentos

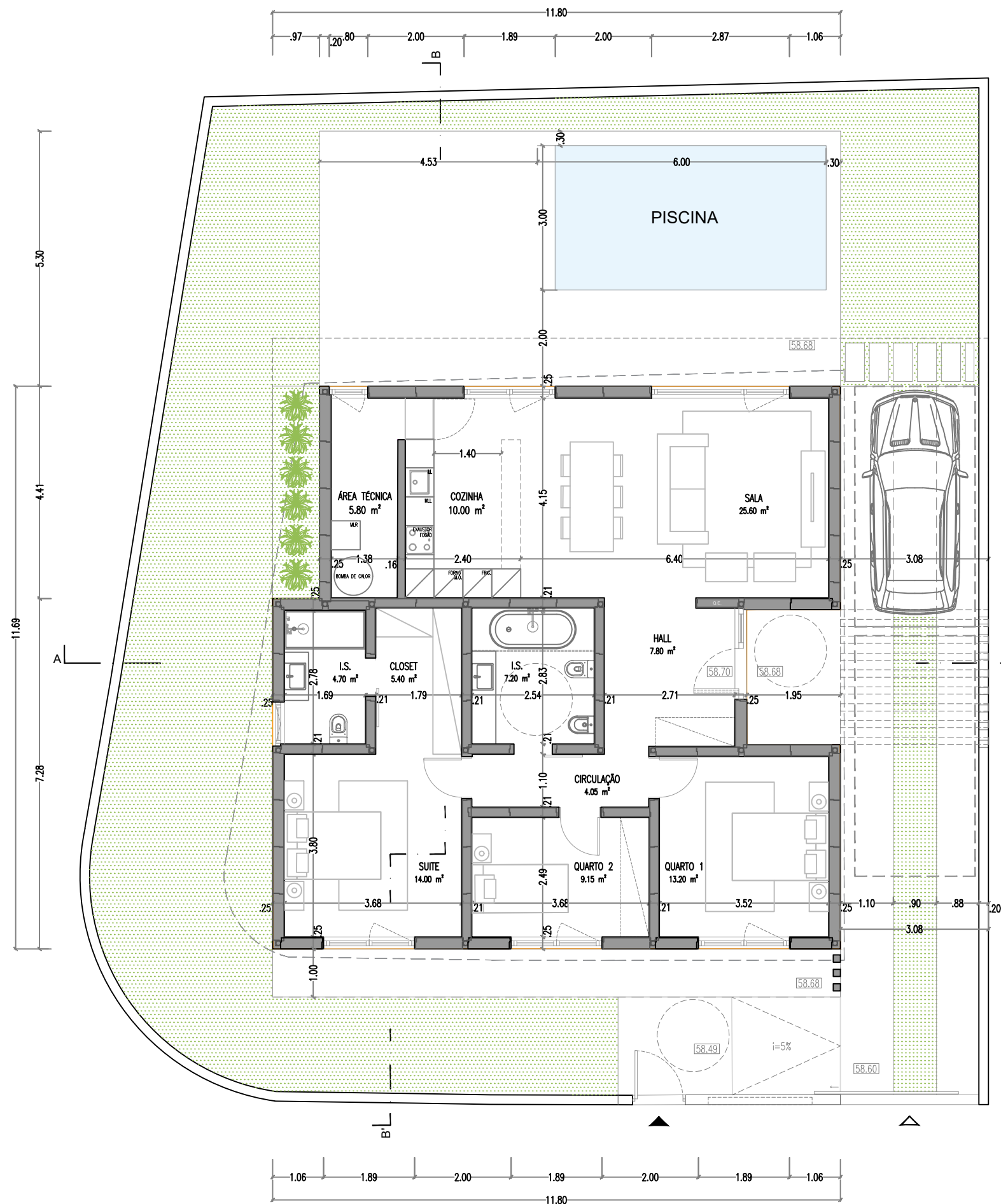
ANEXO G - Perfis de equipamentos

ANEXO H - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção modular (Medida de melhoria I)

ANEXO I - Ficha técnica da unidade de ventilação mecânica

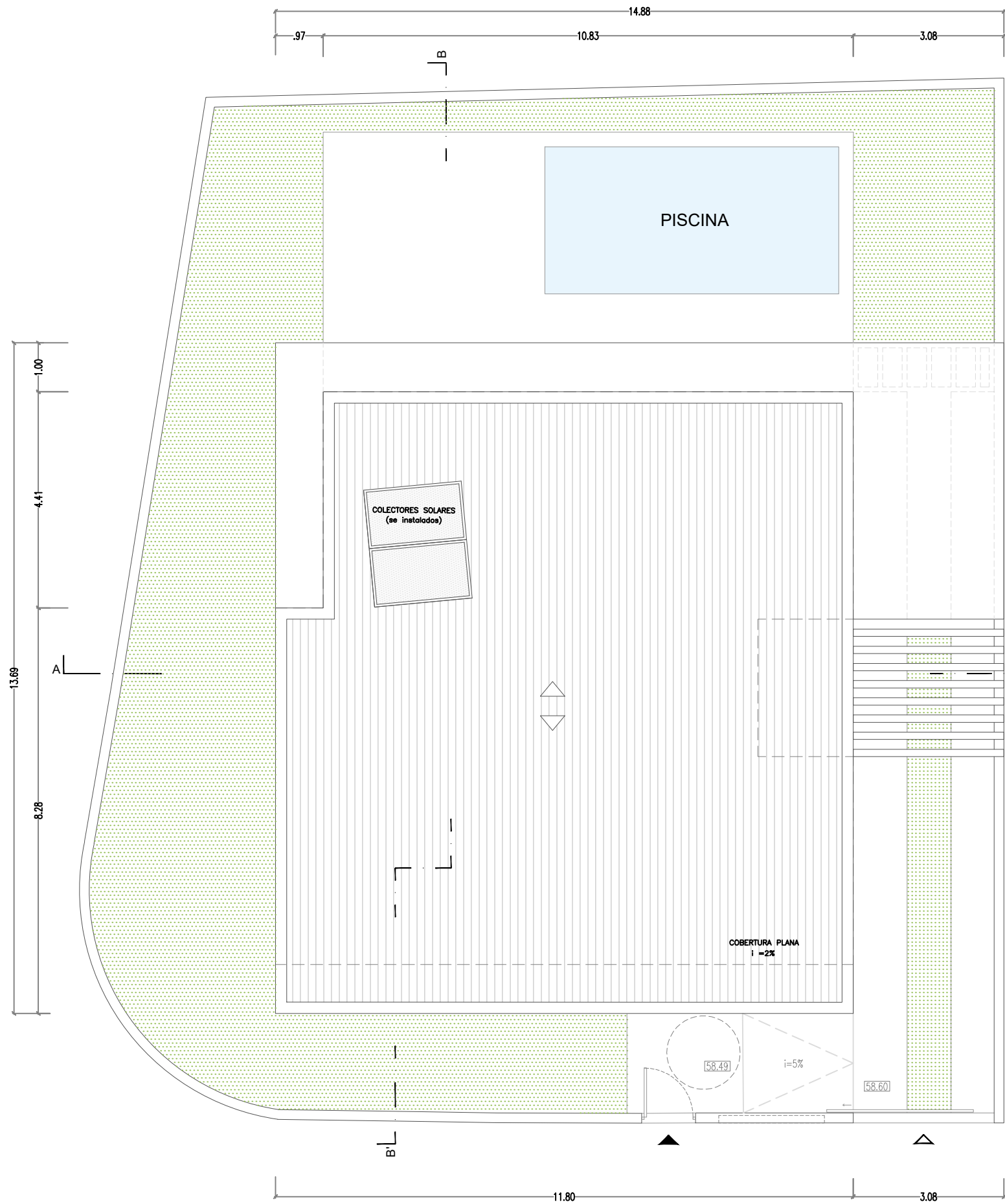
ANEXO J - Ficha técnica do equipamento de climatização

Anexo A - Plantas da moradia em estudo



PLANTA DO RÉS DO CHÃO

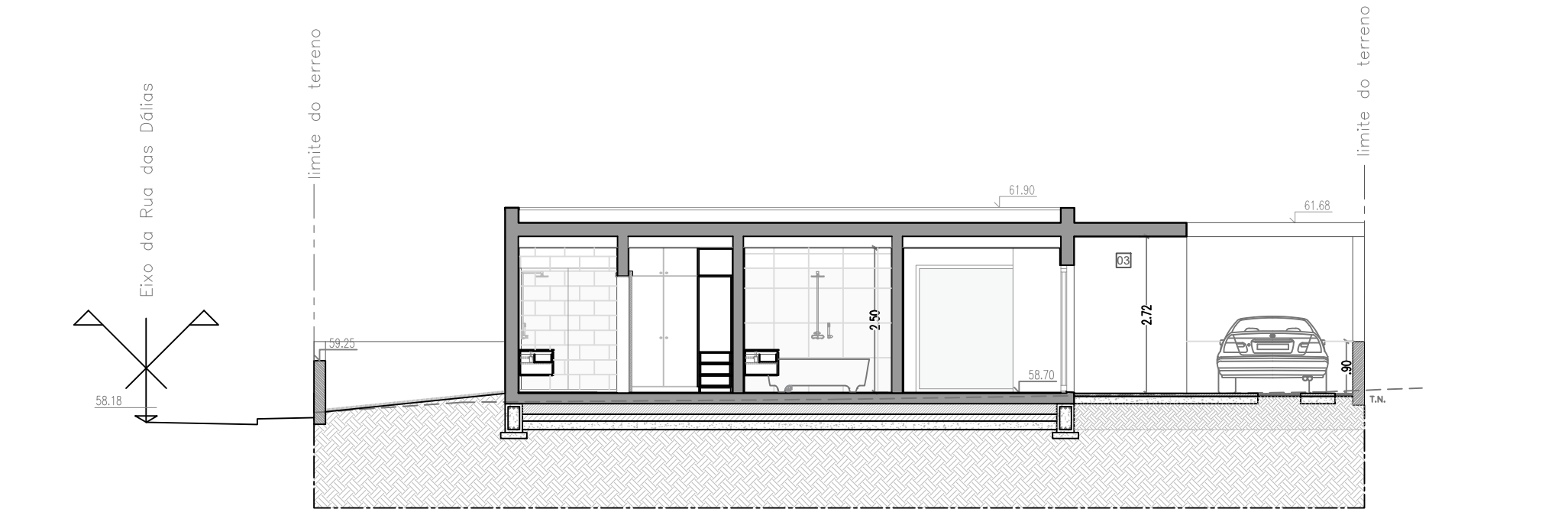
REQUERENTE MODTECH - SISTEMAS MODULARES OBRA MORADIA UNIFAMILIAR E MUROS DE VEDAÇÃO Rua das Tulipas Nº18 e Rua das Dális nº11 - Bairro da Carrasqueira - São Julião do Tojal PROJETO PROJETO DE ARQUITETURA - PROPOSTA PEÇA DESENHADA PLANTA DO RÉS DO CHÃO TECNICO INSCRITO Nº COLABORAÇÃO	PROCESSO Nº 71615/URB_CP/2022	VERSÃO 01
	MATRIZ 3833 - Urbana	DATA OUTUBRO 2023
	DESENHO T.F.R.	1/100
	DESENHO Nº 04	



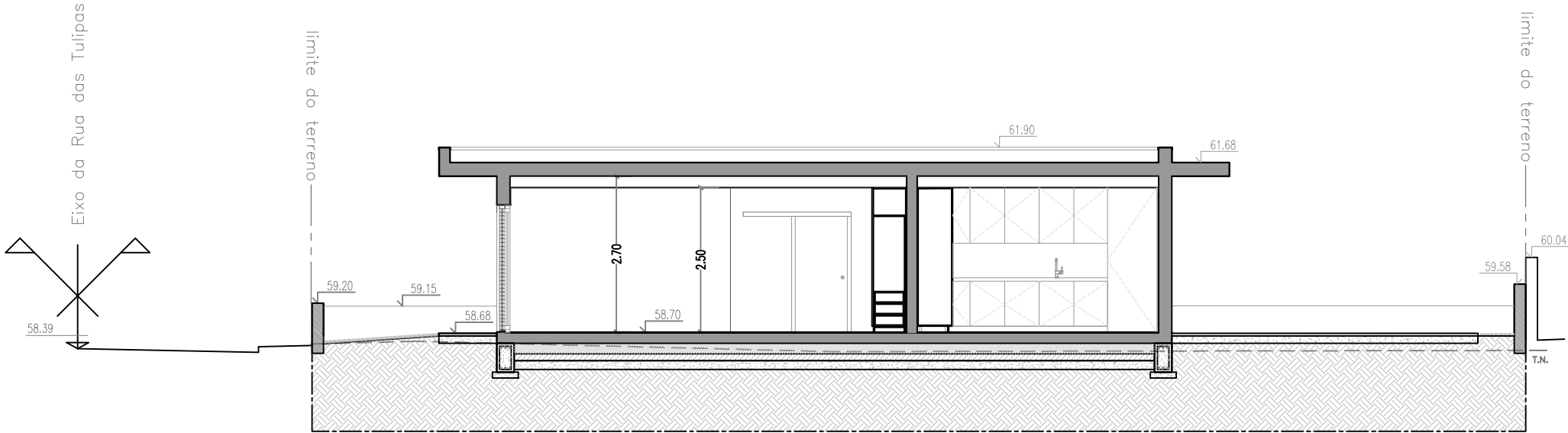
PLANTA DA COBERTURA

REQUERENTE MODTECH - SISTEMAS MODULARES OBRA MORADIA UNIFAMILIAR E MUROS DE VEDAÇÃO Rua das Tulipas Nº18 e Rua das Dálias nº11 - Bairro da Carrasqueira - São Julião do Tojal PROJETO PROJETO DE ARQUITETURA - PROPOSTA	PROCESSO Nº	VERSÃO
	71615/URB_CP/2022	01
	MATRIZ	DATA
	3833 - Urbana	OUTUBRO 2023
PEÇA DESENHADA PLANTA DA COBERTURA	DESENHOU	1/100
	T.F.R.	
TECNICO INSCRITO Nº	Teresa Filipa Guilherme Santos Rendeiro, Arq.ª OA - 17479 Camila Contreras, Arq.ª OA - 28720	
COLABORAÇÃO		
		DESENHO Nº
		05

Este desenho é propriedade dos autores e não pode ser reproduzido, divulgado ou copiado, no todo ou em parte, sem autorização expressa. Reservados todos os direitos pela legislação em vigor.



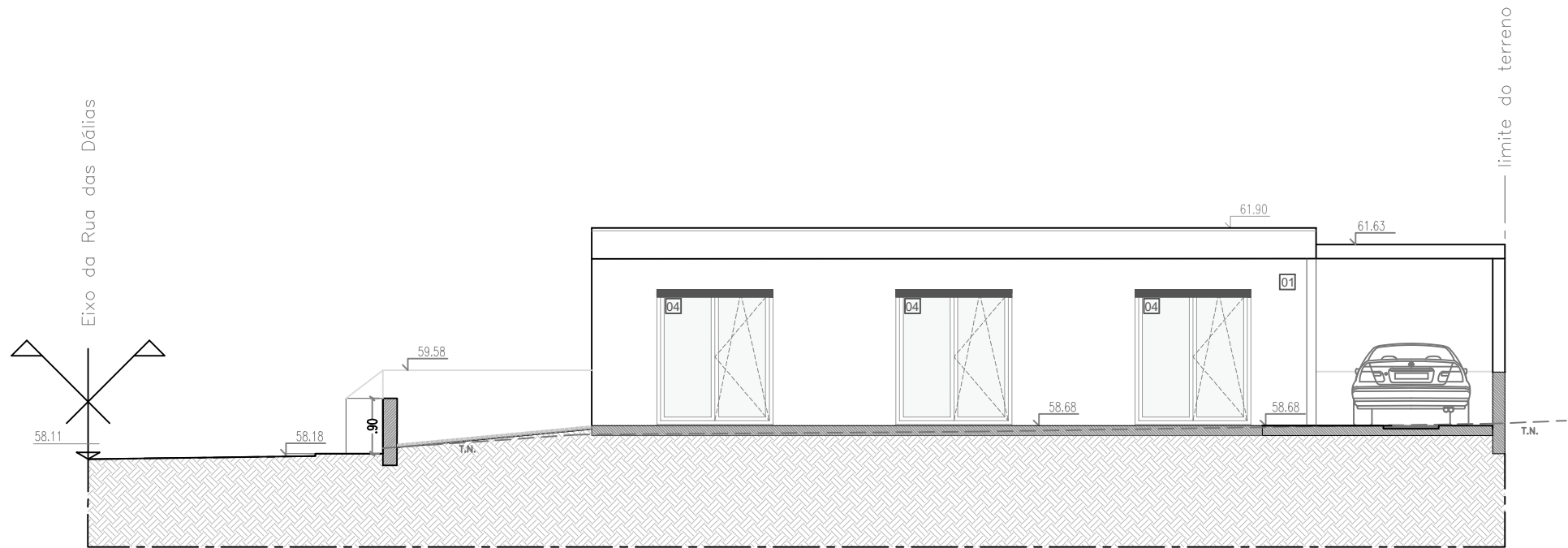
CORTE AA'



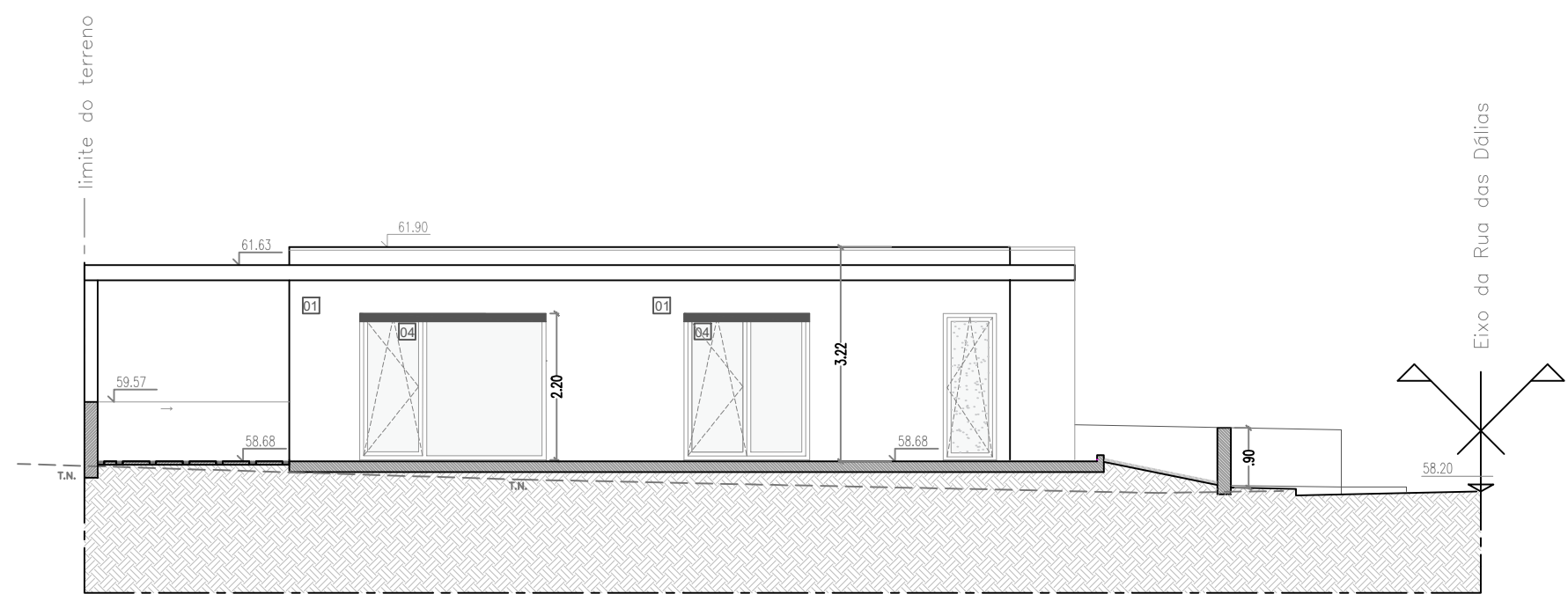
CORTE BB'

REQUERENTE MODTECH - SISTEMAS MODULARES OBRA MORADIA UNIFAMILIAR E MUROS DE VEDAÇÃO Rua das Tulipas Nº18 e Rua das Dálías nº11 - Bairro da Carrasqueira - São Julião do Tojal PROJETO PROJETO DE ARQUITETURA - PROPOSTA	PROCESSO Nº	VERSÃO
	71615/URB_CP/2022	01
	MATRIZ	DATA
	3833 - Urbana	OUTUBRO 2023
PEÇA DESENHADA CORTES : AA', BB'	DESENHOU	1/100
	T.F.R.	
TECNICO INSCRITO Nº	Teresa Filipa Guilherme Santos Rendeiro, Arq. ^a OA - 17479	
COLABORAÇÃO	Camila Contreras, Arq. ^a OA - 28720	
		DESENHO Nº
		06

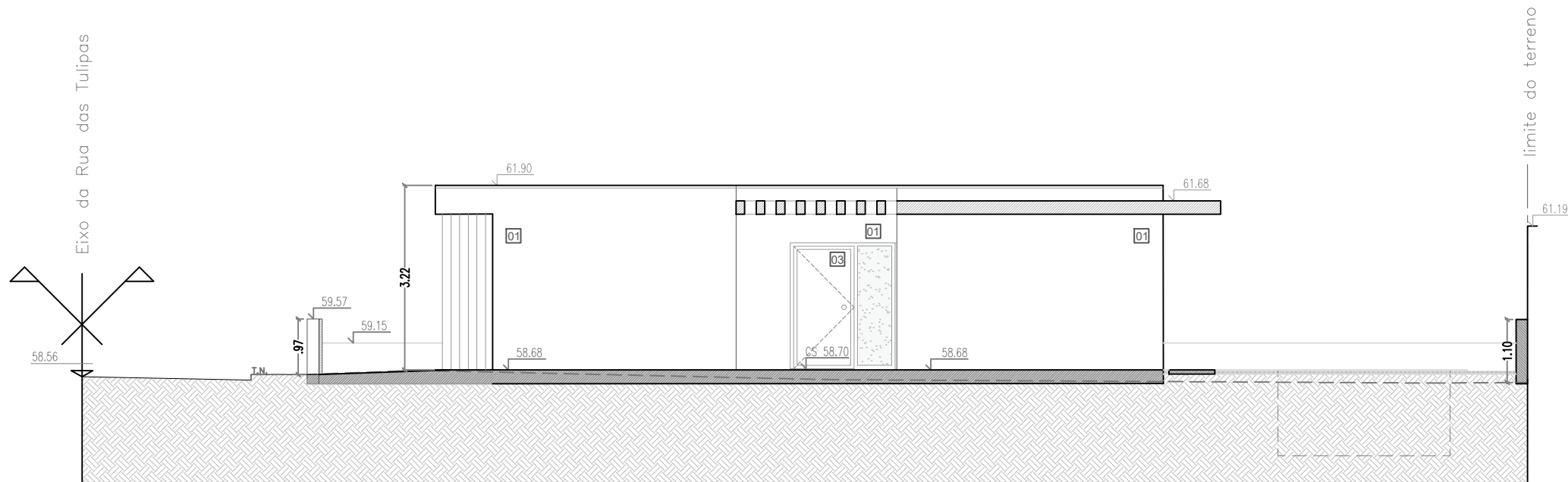
Este desenho é propriedade dos autores e não pode ser reproduzido, divulgado ou copiado, no todo ou em parte, sem autorização expressa. Reservados todos os direitos pela legislação em vigor.



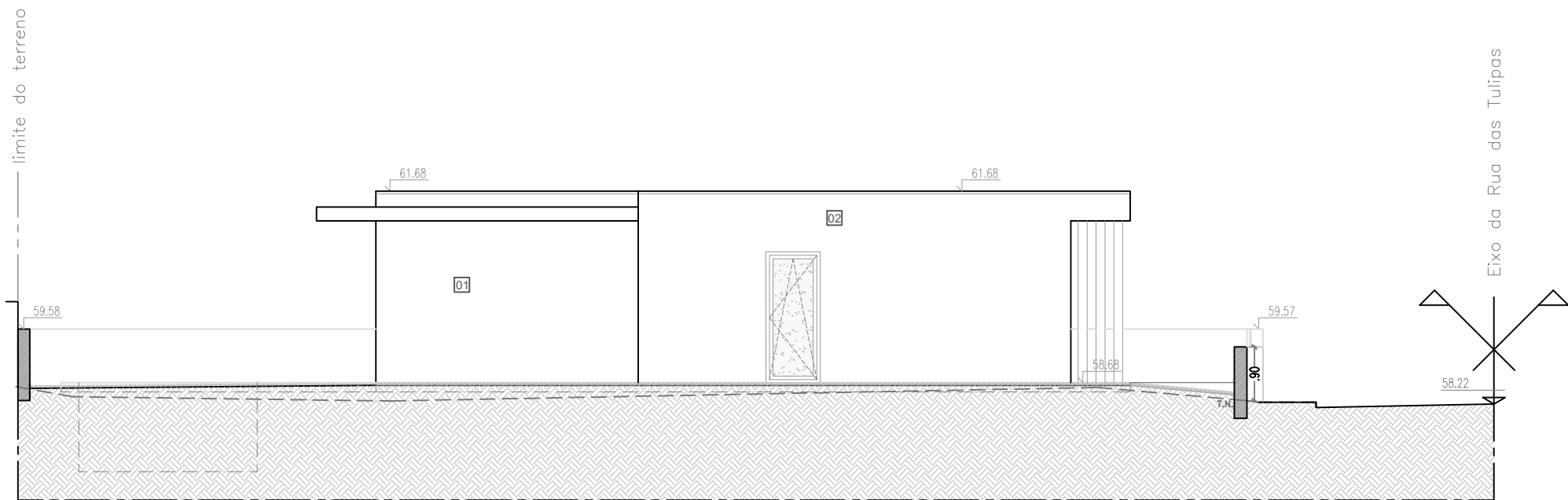
ALÇADO PRINCIPAL



ALÇADO TARDOZ



ALÇADO LATERAL DIREITO



ALÇADO LATERAL ESQUERDO

LEGENDA - MATERIAIS

- 01 - tinta sobre reboco - cor branco
- 02 - tinta sobre reboco - cor cinza escuro
- 03 - porta em PVC - cor cinza escuro
- 04 - vidro duplo transparente em caixilharia em PVC - cor cinza escuro
- 05 - estacionamento coberto
- 06 - portão metálico - cor cinza escuro
- 07 - receptáculo postal
- 08 - contadores (armário)

REQUERENTE MODTECH - SISTEMAS MODULARES OBRA MORADIA UNIFAMILIAR E MUROS DE VEDAÇÃO Rua das Tulipas Nº18 e Rua das Dális nº11 - Bairro da Carrasqueira - São Julião do Tojal PROJETO PROJETO DE ARQUITETURA - PROPOSTA	PROCESSO Nº 71615/URB_CP/2022	VERSÃO 01
	MATRIZ 3833 - Urbana	DATA OUTUBRO 2023
	DESENHOU T.F.R.	1/100
	PEÇA DESENHADA ALÇADOS	
TECNICO INSCRITO Nº COLABORAÇÃO	Teresa Filipa Guilherme Santos Rendeiro, Arq.ª OA - 17479 Camila Contreras, Arq.ª OA - 28720	
		DESENHO Nº 07

Anexo B - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção típica portuguesa

Tabela B.1 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (alvenaria)

Parede Exterior Geral (alvenaria)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,130	0,424	-	200	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Estuque Projetado	0,010	0,56	0,018		1350		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,110		0,270		750		Quadro I.5 ITE 50, página I.12
Isolamento XPS	0,060	0,037	1,622		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,110		0,270		750		Quadro I.5 ITE 50, página I.12
Reboco Tradicional	0,010	1,30	0,008		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência Exterior	-	-	0,040		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela B.2 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (pilares/vigas)

Parede Exterior (Pilares/Vigas)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,130	0,720	-	618	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Estuque Projetado	0,005	0,56	0,009		1350		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Viga em betão armado	0,250	2,00	0,125		2400		Quadro I.2 ITE 50, página I.5
Isolamento XPS	0,040	0,037	1,081		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Reboco Tradicional	0,005	1,30	0,004		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência Exterior	-	-	0,040		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela B.3 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede interior (alvenaria)

Parede Interior (alvenaria)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,130	1,353	-	176	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Estuque Projetado	0,025	0,56	0,045		1350		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,150		0,390		725		Quadro I.5 ITE 50, página I.12
Estuque Projetado	0,025	0,56	0,045		1350		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Resistência Interior	-	-	0,130		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela B.4 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Pavimento

Pavimento com isolamento térmico pelo interior							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,170	0,346	-	217	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Revestimento em linóleo	0,010	0,17	0,059		1200		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Betonilha de assentamento ou de regularização (betão celular autoclavado)	0,050	0,16	0,313		450		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Camada de desolidarização (folha de material plástico)	0,010	0,20	0,050		1000		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Isolante térmico XPS	0,080	0,037	2,162		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,150		0,130		1000		Quadro I.7 ITE 50, página I.14
Revestimento de teto (reboco tradicional)	0,010	1,30	0,008		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência Exterior	-	-	0,000		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela B.5 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Cobertura exterior

Cobertura Exterior							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,100	0,350	-	426	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Placa de gesso cartonado	0,010	0,25	0,040		1000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Espaço de ar não-ventilado	0,190		0,160		0		Quadro I.4 ITE 50, página I.11
Reboco tradicional	0,010	1,30	0,008		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Estrutura resistente - laje aligeirada em blocos cerâmicos	0,330		0,320		1000		Quadro I.7 ITE 50, página I.14
Camada de forma com pendente em betão leve (betão celular autoclavado)	0,100	0,19	0,526		550		Quadro I.2 ITE 50, página I.6
Isolante térmico (suporte de impermeabilização) EPS	0,060	0,037	1,622		20		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Sistema de impermeabilização (membranas flexíveis impregnadas com betume)	0,005	0,23	0,022		1000		Quadro I.2 ITE 50, página I.9
Proteção exterior da cobertura (auto-proteção)	0,005	0,23	0,022		1000		Quadro I.2 ITE 50, página I.9
Resistência Exterior	-	-	0,040		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Anexo C - Cálculo inércia térmica

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	13,07	96,00	96,00	1,00	1254,72
PTPPDE1	4,89	618,00	150,00	1,00	733,50
PDE1	13,00	96,00	96,00	1,00	1248,00
PTPPDE1	3,53	618,00	150,00	1,00	529,50
PDE1	0,82	96,00	96,00	1,00	78,24
PTPPDE1	1,61	618,00	150,00	1,00	241,50
PDE1	8,39	96,00	96,00	1,00	804,96
PTPPDE1	2,64	618,00	150,00	1,00	396,00
PDE1	11,28	96,00	96,00	1,00	1082,40
PTPPDE1	4,60	618,00	150,00	1,00	690,00
PDE1	9,11	96,00	96,00	1,00	874,56
PTPPDE1	2,74	618,00	150,00	1,00	411,00
PDE1	3,08	96,00	96,00	1,00	295,68
PTPPDE1	1,92	618,00	150,00	1,00	288,00
PDE1	0,84	96,00	96,00	1,00	80,16
PTPPDE1	2,13	618,00	150,00	1,00	319,50
PDE1	3,08	96,00	96,00	1,00	295,68
PTPPDE1	1,92	618,00	150,00	1,00	288,00
PDE1	8,23	96,00	96,00	1,00	790,08
PTPPDE1	2,62	618,00	150,00	1,00	393,00
			0,00		
TOTAL					11094,48

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PVE1	106,90	45,00	45,00	1,00	4810,50
			0,00		
TOTAL					4810,50

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
CBE1	106,90	415,00	150,00	0,50	8017,50
			0,00		
TOTAL					8017,50

EL1 - Elementos da envolvente interior

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					0,00

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					0,00

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

[illegible]

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

					0,00
					0,00
					0,00
TOTAL					0,00

Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
TOTAL					0,00

It 223,78

Classe de inércia térmica Média

Anexo D - Características técnicas dos vãos envidraçados e caixilharia

FIN-Window Step-line 77 PVC-PVC

Aspetto tradicional com perfis de expressão reduzida.



*Figura: versão de duas folhas com bite e quadrícula exterior
Estilo, exterior e interior em PVC Branco pérola 07*

Sempre melhor. *Vantagens desta janela Finstral.*

Perfis PVC de alta qualidade

O aro da janela é composto por um perfil de PVC estanque ao ar e à água, soldado nas esquinas. Garante um isolamento perfeito, é de fácil manutenção e extremamente duradouro. Como não utilizamos espumas expandidas, as nossas janelas são 100% recicláveis.

O melhor vidro

A Finstral fabrica o seu próprio vidro isolante, utilizando o melhor vidro disponível no mercado e separadores intercalares com esquadrias soldadas e termicamente otimizados. Um isolamento perfeito, máxima luminosidade e uma estética impecável para nós são standard.

Colados em vez da utilização de calços

Por norma, os vidros das janelas são colados ao perfil da folha. Esta técnica moderna aumenta a estabilidade das folhas e melhora a funcionalidade das janelas. Desta maneira, diminui também a necessidade de manutenção.

Os aros mais estreitos

Esta janela possui os aros mais estreitos da sua categoria, para aproveitar o máximo de luz natural possível no interior e desfrutar de uma vista mais ampla, sem prescindir do isolamento térmico.

Máxima segurança

Proteção antirroubo através de quatro elementos de fecho de qualidade com Pernos tipo Cogumelo. O vidro colado perimetralmente à folha dificulta adicionalmente o arrombamento. Estão disponíveis outros equipamentos de segurança opcionais.

Sempre em boas mãos

Desde o desenvolvimento, à extrusão dos perfis, ao fabrico de vidros isolantes e à composição da sua janela até à entrega pontual e à montagem realizada por um técnico certificado: a Finstral trata de tudo para garantir sempre um resultado perfeito.

Superfícies elegantes de PVC

Utilizamos perfis de PVC em massa pigmentada, em vez de películas adesivas. A Finstral é o único fabricante que grava as texturas diretamente no material. As películas de estrutura de madeira são termossoldadas e unidas de forma permanente ao perfil.

Junta central moderna

A junta central coextrudada no perfil de PVC protege as ferragens da sujidade e da humidade. Além disso, proporciona uma maior proteção antirroubo, dificultando o acesso aos elementos de fecho pelo exterior.



O lado da fachada da sua janela.



O núcleo da sua janela.

Sempre um design personalizado.

Sempre uma proteção fiável.

Sempre um ótimo isolamento.

Sempre a aplicação em obra mais adequada.

Material

- PVC

Côr/superfície

Cores do aro

- extraliso (superfície compactada com menos micróporos, fácil de limpar): branco
- satinado (gravação direta da superfície sem película adesiva, perfil em massa pigmentada com diferentes tonalidades): branco, cinza seda, cinzento
- texturado (gravação direta da superfície sem película adesiva, perfil em massa pigmentada com diferentes tonalidades): branco, branco antigo, branco pérola
- estrutura madeira (película termossoldada ao aro gravado, perfil totalmente pigmentado com o tom de castanho adequado): castanho, carvalho, noqueira

Cores do vedante do vidro

- cinza claro para cores de aros branco, branco antigo, branco pérola, cinza seda
- preto para cores de aro cinzento, noqueira
- adaptado às cores de aro castanho, carvalho
- preto opcional

Forma do aro

Profundidade do aro

- 77 mm

Vista exterior

- Step-line
- largura visual do perfil da folha: 31 mm

Batente

- perfil de batente clássico e visível

Elementos de estilo

Quadrículas

- quadrícula exterior Classic (com separador intercalar) à cor do aro
- quadrícula exterior Estilo (com separador intercalar) à cor do aro
- quadrícula interior (9, 18 ou 26 mm)

Painéis (para campos fixos)

- painel liso, ranhurado e com moldura (disponível em todas as cores do aro)
- painel de vidro esmaltado (10 cores)
- painel de resina sintética (5 acabamentos)
- painel de cerâmica (7 acabamentos)

Elementos decorativos

- perfil e elementos decorativos adaptados à cor do aro

Roubo

Equipamento standard de proteção antirroubo

- 4 fechos com pernos tipo cogumelo de alta qualidade

Equipamento adicional de proteção antirroubo

- ferragem de segurança perimetral com uma distância máxima de 85 cm
- vidro de segurança Multiprotect até à classe P5A
- puxador com chave, com botão ou puxador de pressão
- proteção contra perfuração do mecanismo do puxador
- sensor e janela para monitorização eletrónica

Sol/calor

Vidros com proteção solar

- Mediterran 2: U_g 1,1 W/m²K, g 0,48, LT 0,74
- Mediterran 3: U_g 0,6 W/m²K, g 0,44, LT 0,67
- Sun-Block 2: U_g 1,1 W/m²K, g 0,28, LT 0,60
- Sun-Block 3: U_g 0,6 W/m²K, g 0,26, LT 0,54

Opções de proteção solar adicionais

- Twin: folha combinada com veneziana interior
- estore
- sombreamento têxtil
- raffstore
- portada de abrir
- portada de correr
- portada de correr em harmónio

Olhares indiscretos

- vidros impressos (12 motivos)

Insetos

- mosquiteiro fixo
- mosquiteiro com abertura batente
- mosquiteiro de enrolar na horizontal ou vertical
- mosquiteiro plissado para portas

Calor/frio

Aro

- perfil de PVC com isolamento térmico
- valor U_f 1,1 W/m²K

Vidro isolante

- com gás argón
- arestas dos vidros ligeiramente polidas
- controlo eletrónico da qualidade de todos os vidros através de scanner
- selo de qualidade RAL e CEKAL

Vidro duplo

- o nosso vidro standard Plus-Valor: U_g 1,1 W/m²K, g 0,65, LT 0,82
- separador intercalar com isolamento térmico e esquadrias soldadas, em preto, branco cinzento ou castanho claro

Vidro triplo

- vidro inovador de alto rendimento Max-Valor: U_g 0,6 W/m²K, g 0,60, LT 0,77
- o melhor vidro da Europa com máximo isolamento térmico, excelentes valores de eficiência energética, máxima transparência e tonalidade quase neutra
- separador intercalar com isolamento térmico e esquadrias soldadas, em preto
- grau de reflexão baixo (inferior a 15%)

Valores de isolamento térmico

Medida janela de uma folha de acordo com norma de cálculo U_w 1,23 x 1,48 m:

- valor U_w vidro duplo: U_w 1,2 W/m²K
- valor máx. vidro triplo: U_w 0,77 W/m²K

Medida janela de duas folhas com batente móvel de acordo com norma de cálculo U_w 1,23 x 1,48 m:

- valor U_w vidro duplo: U_w 1,2 W/m²K
- valor máx. vidro triplo: U_w 0,88 W/m²K

Ruído

Construção isolamento acústico

- aros totalmente estanques
- juntas coextrudidas
- vidro e perfil colados, sem usar calços
- certificado ift disponível

Isolamento acústico

Valores R_w para janelas/portas de uma folha com uma superfície até 2,7 m²:

- R_w standard: 32 (-2;-6) dB
- R_w valor máximo: 45 (-1;-3) dB

Estanqueidade

Vedação

- esquinhas bem soldadas
- juntas coextrudidas
- a junta central protege as ferragens

Estanqueidade à água

- classe 9A para janelas de uma e duas folhas segundo EN 12208 para medida de referência 1,23 x 1,48 m

Permeabilidade ao ar

- classe 4 para janelas de uma e duas folhas segundo EN 12207 para medida de referência 1,23 x 1,48 m

Resistência ao vento

- classe C5 / B5 para janela de uma folha
- classe C3 / B3 para janela de duas folhas com batente móvel
- segundo EN 12210 para medida de referência 1,23 x 1,48 m

Tipo de montagem

Construção nova/reconstrução

- montagem em duas fases: na fase de construção, instalar o pré-arco FIN-Fix da Finstral com isolamento térmico na alvenaria e cobrir com reboco. Após conclusão da fase de obra, colocar as janelas e portas no pré-arco (montagem recomendada pela Finstral)
- montagem numa única fase: instalar a janela diretamente na alvenaria e cobrir com reboco

Substituição de janelas/renovação

- montagem com aro de renovação sem recurso a trabalhos de alvenaria: cortar o aro de madeira das janelas velhas e sobrepor o novo aro, duração: menos de 2 horas por janela (montagem recomendada pela Finstral)
- retirar a janela antiga do pré-arco e colocar a janela nova no pré-arco
- remover totalmente a janela velha e instalar a janela nova diretamente na alvenaria

Vedação

Aplicações em obra fiáveis

- biblioteca com mais de 700 desenhos detalhados de aplicação em obra para toda a Europa, dos quais mais de 300 foram certificados pelo instituto independente de janelas de Rosenheim (ift) (no portal do serviço para arquitetos, em "Aplicações em obra" para download ou mediante pedido)

Padrões de montagem atuais

- formações obrigatórias para instaladores de produtos Finstral, onde explicamos a utilização dos materiais de isolamento mais atuais para a montagem
- todos os distribuidores de Finstral possuem formação, e os distribuidores Partner com montagem certificada emitida pelo instituto ift, identificam-se através do seguinte logotipo:





O lado interior
da sua janela.



Os serviços em torno
da sua janela.

**Sempre
um design
personalizado.**

**Sempre
fácil
de usar.**

**Sempre
uma gestão
eficiente.**

**Sempre
um serviço
de primeira.**

Material

- PVC

Côr/superfície

Cores do aro

- extraliso (superfície compactada com menos micróporos, fácil de limpar): branco
- satinado (gravação direta da superfície sem película adesiva, perfil em massa pigmentada com diferentes tonalidades): branco, cinza seda, cinzento
- texturado (gravação direta da superfície sem película adesiva, perfil em massa pigmentada com diferentes tonalidades): branco, branco antigo, branco pérola
- estrutura madeira (película termossoldada ao aro gravado, perfil totalmente pigmentado com o tom de castanho adequado): castanho, carvalho, nogueira

Cores da vedação do vidro

- à cor do aro de PVC

Forma do aro

Forma do elemento

- forma retangular
- forma oblíqua
- Forma redonda

Forma da folha

- forma retangular
- forma oblíqua
- forma redonda

Vista interior

- aro e folha semi-nivelados
- perfil da folha com bite Classic
- perfil da folha com bite Estilo

Puxadores/dobradiças

Puxadores

- de alumínio Série 1 e 2
- de aço inox Série 3
- escudo redondo Série 11, 12, 13 e 14
- compatível com todos os puxadores disponíveis no mercado com duas fixações de parafusos roscados M5
- compatível com todos os puxadores extraíveis do fabricante FSB

Dobradiças

- dobradiças à vista
- dobradiças ocultas

Acessórios

Peitoril interior

- peitoril interior em MDF folheado à cor do aro, à medida, cantos retos ou arredondados

Revestimento da caixa de estore

- isolamento térmico adicional
- adaptado à cor do aro
- instalação sem trabalhos de alvenaria: as caixas existentes são preservadas

Batente central History

- aspeto simétrico tradicional para janelas de duas folhas com batente móvel

Tipos de abertura

Ferragem standard oscilobatente

- ferragem de qualidade
- pernos tipo cogumelo autoajustáveis
- elevador de folha
- dispositivo de bloqueio contra manuseamento indevido
- altura ajustável do puxador

Opções de abertura adicionais

- janela de duas folhas com batente móvel
- porta de sacada
- porta com fechadura
- bandeira superior basculante
- porta de correr paralela
- porta osciloparalela

Manuseamento

Opções standard de conforto

- a adesão do vidro aos perfis de folha ao longo de todo o perímetro garante um manuseamento confortável e duradouro, que requer pouca manutenção

Opções de conforto adicionais

- dispositivo de auxílio de fecho basculante
- abertura basculante motorizada através de um botão ou através da ligação a uma tecnologia Smart Home com acionamento elétrico visível ou oculto
-
- soleiras planas em portas janelas

Segurança de uso

Vidros de segurança

- Bodysafe: vidro temperado (ESG)
- Multiprotect: vidro laminado (VSG)

Bloqueio da abertura de batente

- função basculante antes de abrir
- puxador com chave
- bloqueio de abertura com chave

Dispositivo antiqueda da folha

- dispositivo antiqueda da folha em caso de mau manuseamento, utilização inadequada ou manutenção insuficiente

Ventilação

Opções de ventilação manuais

- ferragem basculante de verão/inverno
- abertura basculante limitada com dispositivo de ventilação de segurança
- travão de folha
- folha de ventilação Vent

Ventiladores passivos

- PassiveVent Mini: 5 m³/h a 8 Pa
- PassiveVent Midi na folha: 30 m³/h a 8 Pa
- PassiveVent Midi sobre aro/alargamento: 30 m³/h a 8 Pa

Ventiladores ativos

- ActiveVent: ventilador motorizado com 4 velocidades até 45 m³/h

Coordenação

Planeamento

- aconselhamento profissional e completo através de técnicos competentes
- caso necessário, apoio personalizado no planeamento através de técnicos experientes da Finstral em toda a Europa

Programas de incentivos do estado

- apoio no caso de recurso a programas de incentivos do estado

Orçamento

- orçamento transparente e detalhado, com uma primeira estimativa da data de entrega
- teremos todo o gosto em apresentar-lhe pessoalmente todos os pormenores

Fabrico

- a Finstral trata de tudo: desde o desenvolvimento e fabrico dos perfis e do vidro isolante, até ao fabrico da janela

Entrega e montagem

- profissional, pontual e completa, com uma fiabilidade de entrega de 97%
- equipas de montagem formadas pela Finstral

Montagem

Execução profissional

- aviso da data de entrega
- explicação antes do início da montagem
- preparação adequada da zona de trabalho: tapar os móveis, proteger o chão, etc.
- execução da montagem de acordo com os critérios estabelecidos pela Finstral e pelo instituto alemão de janelas de Rosenheim (ift)
- explicação do modo de funcionamento das janelas novas após a conclusão dos trabalhos

Remoção das janelas velhas

- se assim o desejar, após a substituição das janelas, retiramos as suas janelas velhas e tratamos da sua reciclagem ou eliminação

Entrega

Entrega e instrução

- no fim da montagem, realizamos consigo um controlo final da qualidade dos produtos instalados e explicámos-lhe como utilizar as suas janelas novas
- serviço de qualidade para que o cliente fique totalmente satisfeito

Fatura e declaração de desempenho

- fatura transparente e atempada junto com a respetiva declaração de desempenho

Garantias

5 anos de garantia do fabricante

Certificados

A Finstral é o fabricante de janelas com maior número de certificados na Europa

Qualidade do produto

- selo de qualidade RAL para sistemas de perfis de janelas de PVC
- selo de qualidade RAL e CEKAL para vidro isolante duplo e triplo
- selo de qualidade RAL e ift para janelas e portas de entrada

Qualidade da montagem

- centenas de aplicações em obra certificadas pelo instituto alemão de janelas de Rosenheim (ift)

Sistemas de gestão

- qualidade EN ISO 9001
- ambiente EN ISO 14001
- segurança no trabalho BS OHSAS 18001
- energia EN 50001

Serviço

Studios e Partner Studios

- os showrooms da Finstral e dos seus parceiros são o local ideal para obter informação e projetar o produto perfeito para si. Encontre um perto de si em: www.finstral.com/studios

Serviço de assistência técnica

- a Finstral dispõe de um serviço de assistência técnica em todas as zonas de venda da Europa

Serviço para arquitetos

- poderá obter todos os detalhes para o seu projeto, nomeadamente amostras de produtos, desenhos de aplicação em obra, certificados, ficheiros CAD em formato DWG ou textos de especificação, solicitando-os ao serviço para arquitetos da Finstral ou através da página web: www.finstral.com/arquitetos

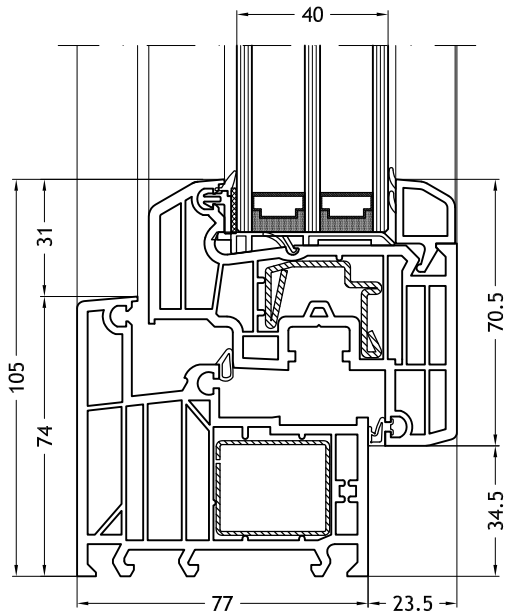


Finstral reserva-se o direito de efetuar qualquer modificação. Devido às técnicas de impressão e tratamento de imagem, podem aparecer pequenas diferenças de cor quando comparado com o produto original. A imagem e a descrição dos produtos nos folhetos tem somente um valor indicativo. Qualquer pequena diferença entre o produto fornecido e o apresentado no material publicitário não significa que represente um defeito, já que o material publicitário apenas pode servir como ponto de referência.

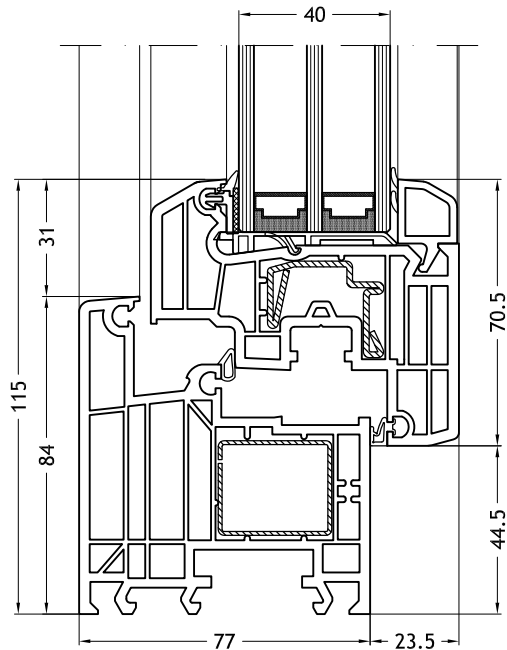
Desenhos técnicos

Escala 1:2

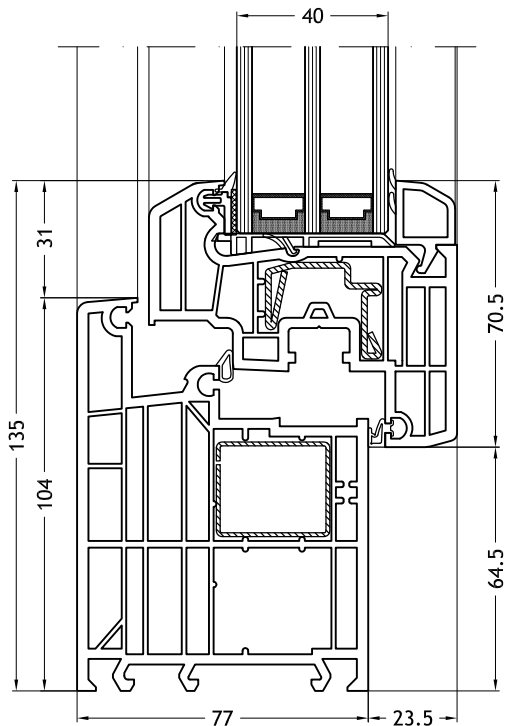
Aro em forma de L 961
com folha Step-line



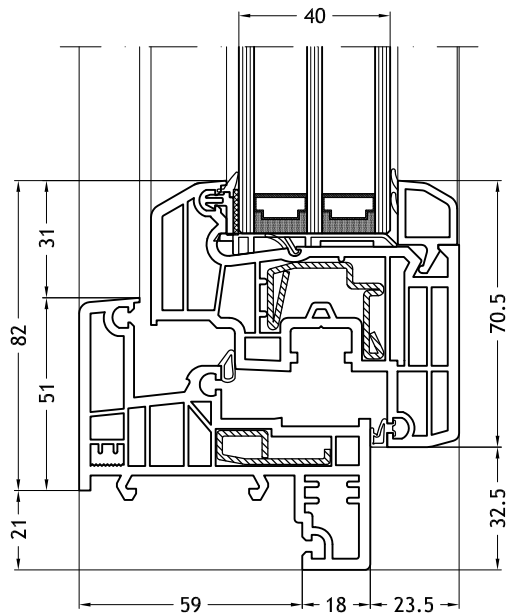
Aro em forma de L 962
com folha Step-line



Aro em forma de L 963
com folha Step-line



Aro em forma de Z 964
com folha Step-line



Anexo E - Perfis de iluminação

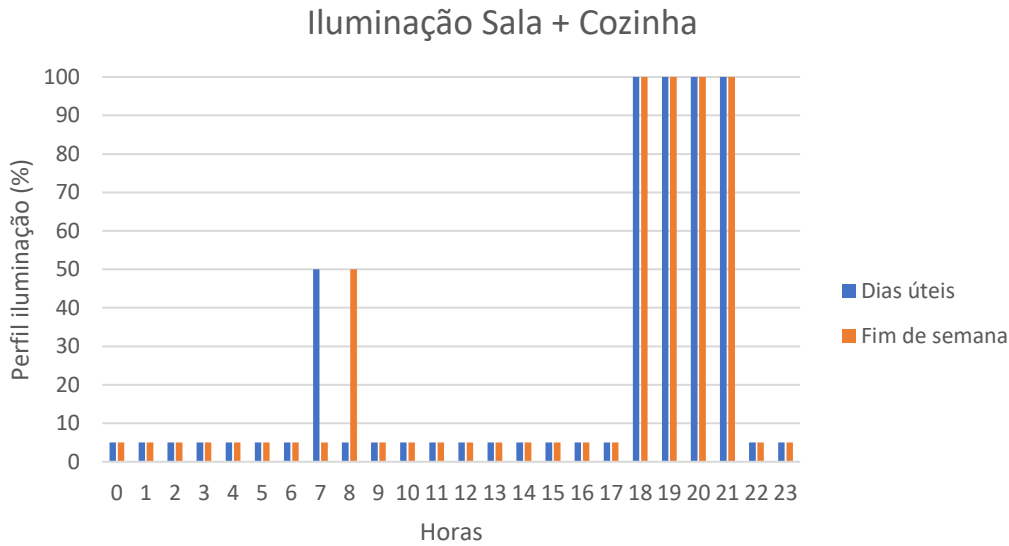


Figura E.1 - Perfil de iluminação Sala + Cozinha

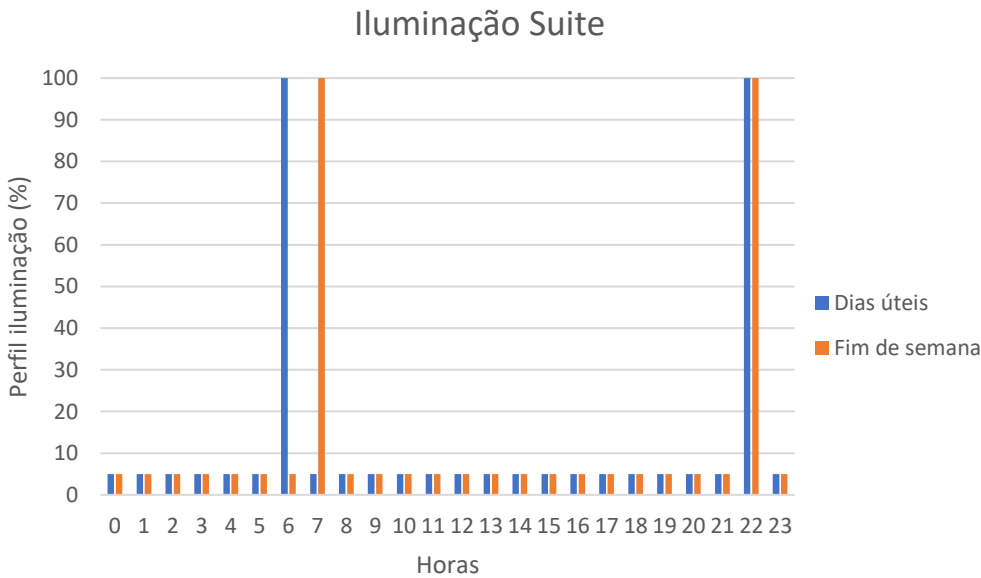


Figura E.2 - Perfil de iluminação Suite

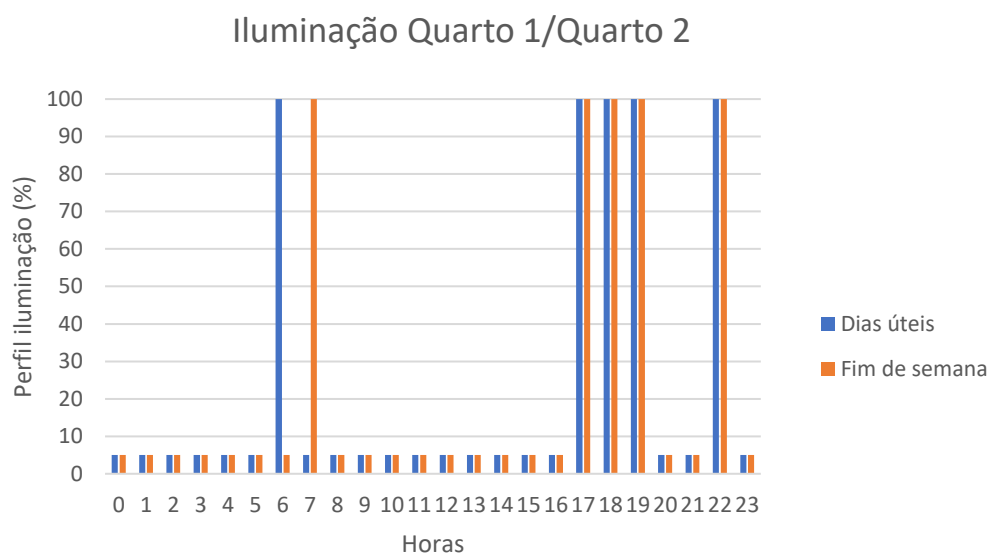


Figura E.3 - Perfil de iluminação Quarto1/Quarto2

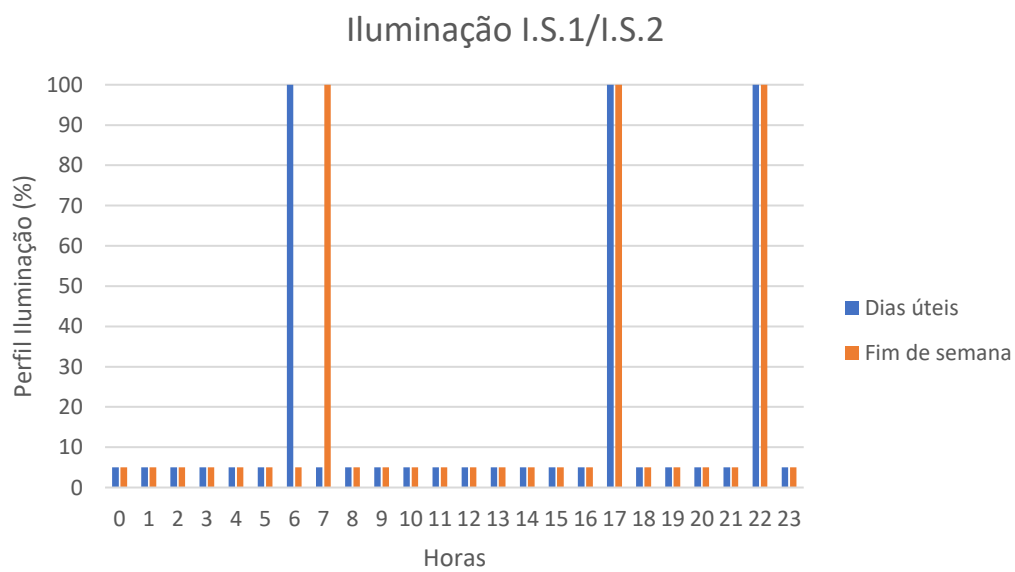


Figura E.4 - Perfil de iluminação I.S.1/I.S.2

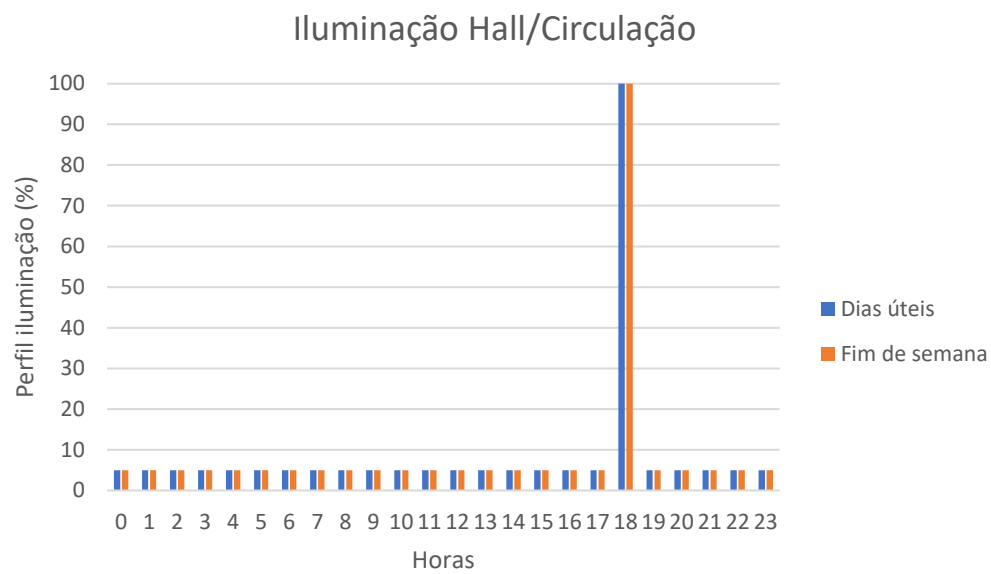


Figura E.5 - Perfil de iluminação Hall/Circulação

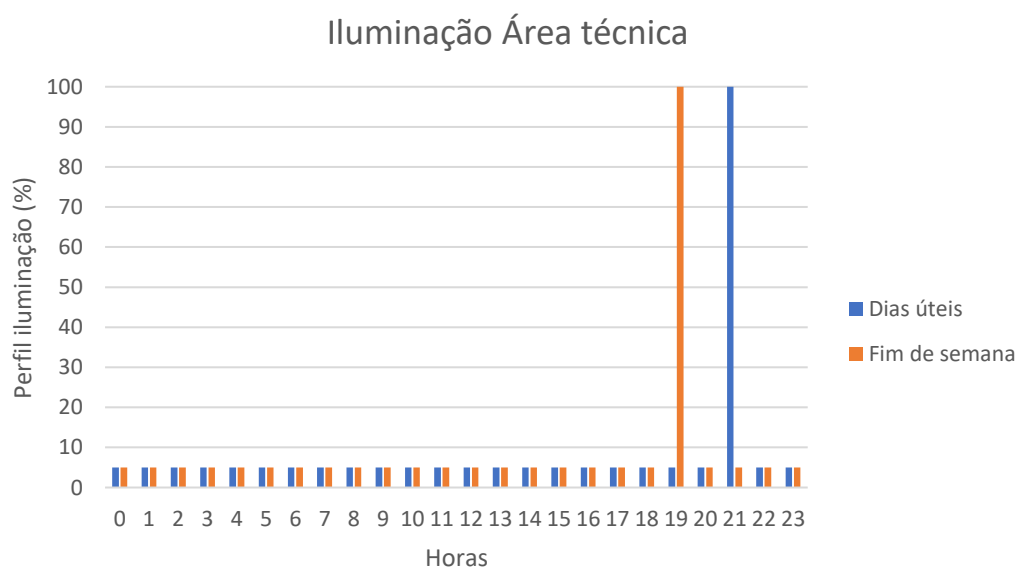


Figura E.6 - Perfil de iluminação área técnica

Anexo F - Cargas térmicas dos equipamentos

							Potência elétrica por unidade (W)	Factor de Potência	Factor de Exaustão	Factor de Simult.	Carga (W)	Tempo uso médio diário
Tipo Equipamento	Marca	Modelo	L (mm)	P (mm)	A (mm)	Qt						
Cozinha												
Frigorífico Combinado	-	-	-	-	-	1	150	90%	100%	80%	108	20h/dia
Máquina de Lavar Louça	Miele	G 5310 SC Active Plus	598	600	845	1	2000	80%	100%	8%	128	2h/dia
Exaustor	FranceAir	Vivalto Classique II	600	-	-	1	149	-	0%	-	0	-
Placa	Miele	KM 7201 FR	574	504	51	1	7300	90%	50%	8%	262,8	2h/dia
Forno	Miele	H 2766-1 B 125 Edition	595	568	596	1	3500	95%	100%	4%	133	1h/dia
Máquina de café	Miele	CM 5310 Silence	241	460	360	1	1450	80%	100%	1%	11,6	15 min/dia
Robot de cozinha	-	-	-	-	-	1	1600	80%	100%	4%	51,2	1h/dia
Torradeira	-	-	-	-	-	1	800	90%	100%	1%	7,2	15 min/dia
Total											701,8	
Sala												
TV	-	-	-	-	-	1	120	80%	100%	20%	19,2	5h/dia
Aspirador	Miele	Complete C3 125 Edition	496	-	227	1	890	80%	100%	2%	14,24	30 min/dia
Ferro de engomar	Rowenta	DW8210D1 Pro Master	-	-	-	1	2800	80%	100%	2%	44,8	30 min/dia
Total											78,24	
Total Sala + Cozinha											780,04	

Tipo Equipamento	Marca	Modelo	L (mm)	P (mm)	A (mm)	Qt	Potência elétrica por unidade (W)	Factor de Potência	Factor de Exaustão	Factor de Simult.	Carga (W)	Tempo uso médio diário
Área técnica												
Máquina Lavar Roupa	Miele	WCB680 WCS 125 Edition	596	636	850	1	2400	70%	100%	8%	134,4	2h/dia
Máquina Secar Roupa	Miele	TCF760WP EcoSpeed&8kg	596	636	850	1	1100	70%	100%	8%	61,6	2h/dia
Total											196	
Quarto 1/Quarto2												
Laptop	-	-	-	-	-	1	90	90%	100%	8%	6	2h/dia
Desktop	-	-	-	-	-	1	699	90%	100%	4%	25	1h/dia
Monitor LED 20"	-	-	-	-	-	1	360	90%	100%	4%	13	1h/dia
Total											45	
Suite												
Laptop	-	-	-	-	-	1	90	90%	100%	8%	6	2h/dia
Desktop	-	-	-	-	-	1	699	90%	100%	4%	25	1h/dia
Monitor LED 20"	-	-	-	-	-	1	360	90%	100%	4%	13	1h/dia
Televisão	-	-	-	-	-	1	120	80%	100%	8%	7,68	2h/dia
Total											52	
I.S.1/I.S.2												
Secador de cabelo	-	-	-	-	-	1	1500	30%	100%	2%	9	30min/dia
Total											9	

Anexo G - Perfis equipamentos

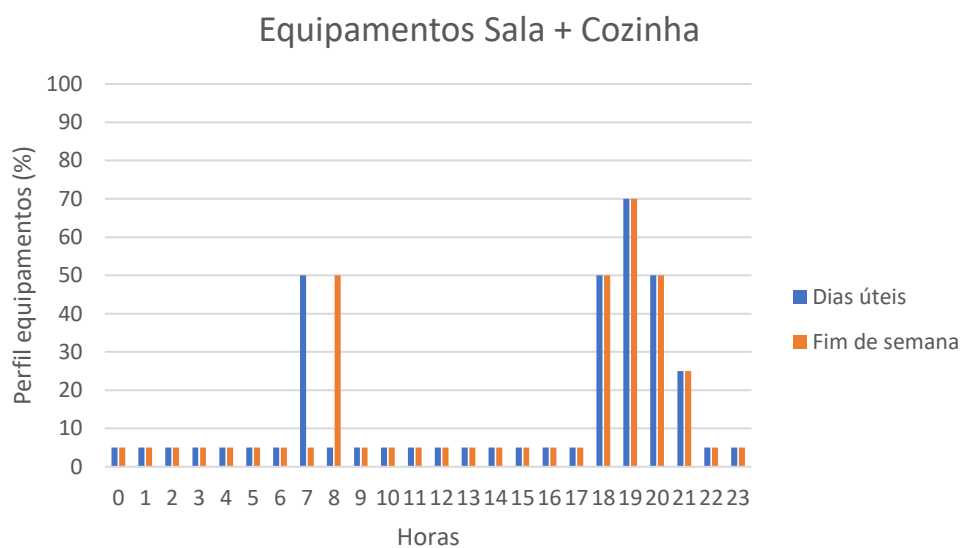


Figura G.1 - Perfil de equipamentos Sala + Cozinha

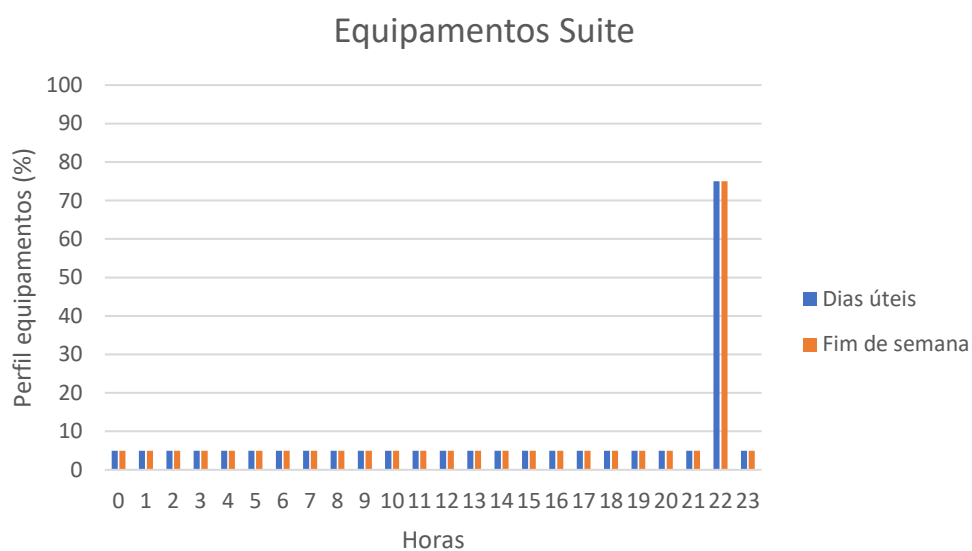


Figura G.2 - Perfil de equipamentos Suite

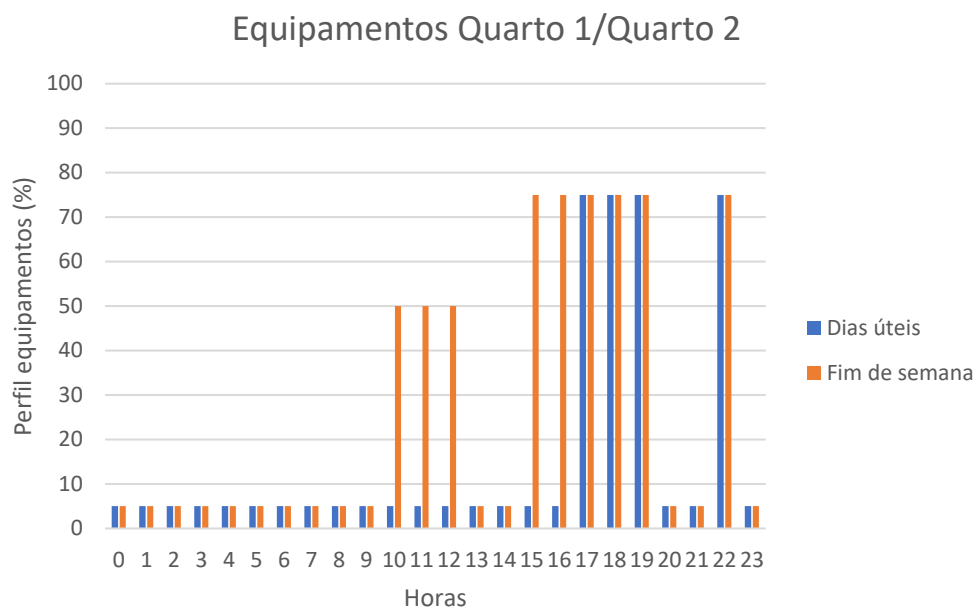


Figura G.3 - Perfil de equipamentos Quarto1/Quarto2

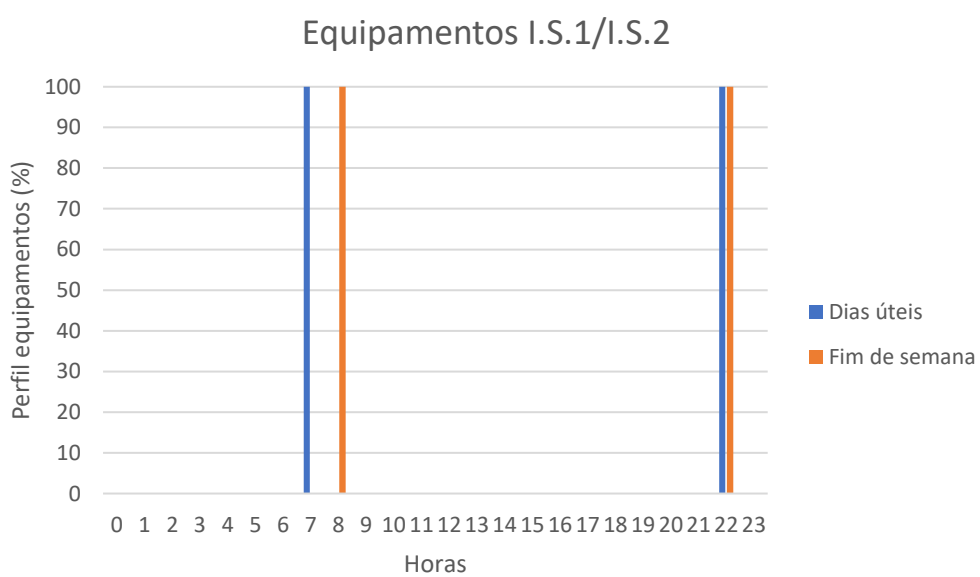


Figura G.4 - Perfil de equipamentos I.S.2/I.S.2

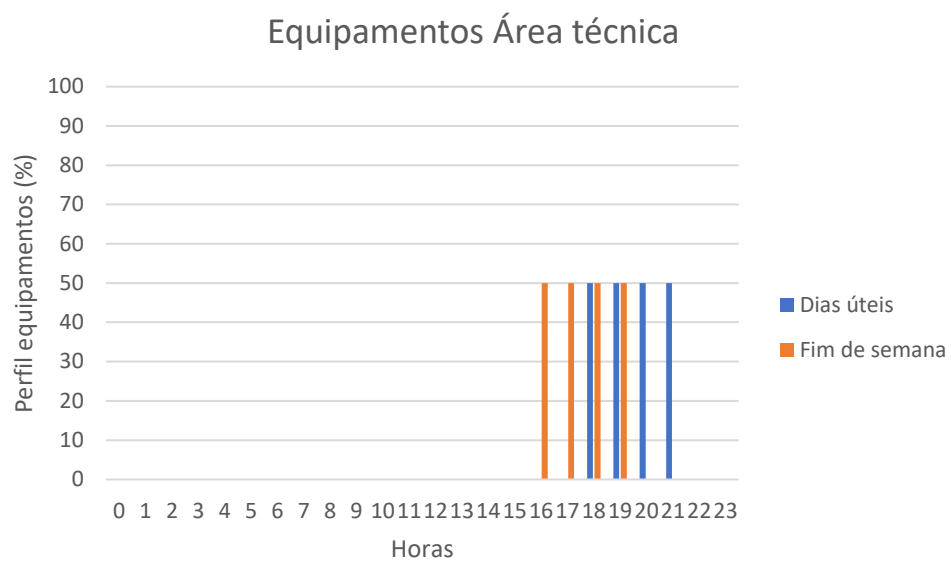


Figura G.5 - Perfil de equipamentos área técnica

Anexo H - Cálculo dos coeficientes U segundo o SCE - Construção modular (Medida de melhoria I)

Tabela H.1 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede exterior (Painel ModTech)

Parede Exterior Geral (Painel ModTech)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m².K/W)	U (W/m².K)	mti (kg/m³)	mt (kg/m²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,130	0,186	-	51	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Reboco Armado interior	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
XPS 100 mm	0,100	0,037	2,703		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
XPS 50 mm	0,050	0,037	1,351		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Estrutura em alumínio	-	-	-		-		-
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
Aglomerado de cortiça	0,040	0,050	0,800		300		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Reboco Armado exterior NEUCE	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência exterior	-	-	0,040		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela H.2 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Parede interior (Painel ModTech)

Parede Interior (Painel ModTech)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,130	0,183	-	51	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Reboco Armado interior	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
XPS 100 mm	0,100	0,037	2,703		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
XPS 50 mm	0,050	0,037	1,351		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Estrutura em alumínio	-	-	-		-		-
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
Aglomerado de cortiça	0,040	0,050	0,800		300,000		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Reboco Armado exterior NEUCE	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência exterior	-	-	0,130		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela H.3 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Cobertura exterior (Painel ModTech)

Cobertura Exterior (Painel ModTech)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,100	0,187	-	51	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Reboco Armado interior	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
XPS 100 mm	0,100	0,037	2,703		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
XPS 50 mm	0,050	0,037	1,351		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Estrutura em alumínio	-	-	-		-		-
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
Aglomerado de cortiça	0,040	0,050	0,800		300		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Reboco Armado exterior NEUCE	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência exterior	-	-	0,040		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Tabela H.4 - Cálculo do coeficiente global de transmissão térmica - Pavimento (Painel ModTech)

Pavimento (Painel ModTech)							
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mt (kg/m ²)	Fonte
Resistência Interior	-	-	0,170	0,186	-	51	Quadro I.3 ITE 50, página I.11
Reboco Armado interior	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
XPS 100 mm	0,100	0,037	2,703		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
XPS 50 mm	0,050	0,037	1,351		33		Quadro I.1 ITE 50, página I.3
Estrutura em alumínio	-	-	-		-		-
AGEPAN DWD Protect	0,016	0,09	0,178		565		AGEPAN DWD Protect Technical Data
Aglomerado de cortiça	0,040	0,050	0,800		300		Quadro I.2 ITE 50, página I.10
Reboco Armado exterior NEUCE	0,004	1,30	0,003		2000		Quadro I.2 ITE 50, página I.7
Resistência exterior	-	-	0,000		-		Quadro I.3 ITE 50, página I.11

Anexo I - Ficha técnica da unidade de ventilação mecânica



AirBack Vertical

Recuperadores de
fluxos cruzados





UNIDADE DE VENTILAÇÃO MECÂNICA COM FLUXO CRUZADO

ELEVADA EFICIÊNCIA TÉRMICA

POUPANÇA DE ENERGIA AO LONGO DE TODO O ANO

GARANTIA DE QUALIDADE DO AR AMBIENTE INTERIOR

FILTRAGEM DO AR INSUFLADO E EXTRAÍDO

FÁCIL DE INSTALAR (COM PRÉ-CABLAGEM)

FORNECIDO COM CONTROLADOR ELECTRÓNICO REMOTO

SELEÇÃO MODO FUNCIONAMENTO (3 VELOCIDADES OU DESLIGADO)

CONFIGURAÇÃO E REGULAÇÃO DAS VELOCIDADES DO VENTILADOR

FUNÇÃO BOOST (VELOCIDADE MÁXIMA DURANTE TEMPO DEFINIDO)

FUNÇÃO BYPASS AUTOMÁTICO (FREE-COOLING E FREE HEATING)

CONTACTOS SECOS PARA OS SENSORES DE HUMIDADE E CO₂

AVISO P/ LIMPEZA PERIÓDICA DOS FILTROS (CONFIGURÁVEL)

CONTACTOS C/ POTENCIAL P/ PRÉ E PÓS AQUECIMENTO

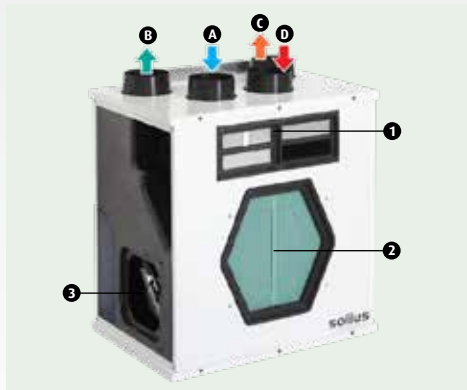
POSSIBILIDADE DE EQUILÍBRIO DE CAUDAIS ENTRE INSUFLAÇÃO E EXTRAÇÃO

FUNÇÃO DE PROTEÇÃO ANTI-GELO

MEDIÇÃO TEMPERATURAS DO AR (ENTRADA E SAÍDA, INTERIOR E EXTERIOR)

FUNÇÃO PROGRAMAÇÃO HORÁRIA

Fluxo AirBack Vertical



Legenda Fluxos AirBack Vertical

A	Admissão de ar novo do exterior
B	Expulsão de ar saturado p/ exterior
C	Insuflação de ar novo p/ interior
D	Extração de ar saturado do interior
1	Filtros
2	Permutador
3	Ventiladores



Legenda Controlador Solius AirBack Vertical

1	Botão ligar/desligar unidade de ventilação
2	Botão subir/aumentar
3	Botão descer/diminuir
4	Botão seleccionar/entrar/confirmar
5	Botão sair/voltar ao menu anterior/cancelar
6	Botão reiniciar o alarme do filtro
7	Botão ativação manual "boost"
8	Display

Modelo		250	450	550
DADOS TÉCNICOS	Caudal máximo @100Pa (m ³ /h)	256	363	520
	Caudal de referência @50Pa (m ³ /h)	179	254	364
	Potência eléctrica consumida no caudal máximo (W)	160	160	333
	Alimentação (V)	230	230	230
	Eficiência térmica de recuperação de calor (%)	80	86	82
	Rendimento máximo @ 100 m ³ /h *	95,4	97,2	95,6
	Rendimento máximo @ 150 m ³ /h *	93,3	96,1	94,5
	Nível de potência sonora (dBA)	53	52	58
	Utilização recomendada** (m ²)	140	240	290
	Peso (kg)	21,4	34,5	44

* Temperatura exterior 40°C e 80% de Humidade relativa, Temperatura interior 26°C e 60% de Humidade relativa.

**Considerando um pé-direito de 2,5m e 0,5 renovações/hora. ¹ Com controlo Solius Manager. ² Com controlo electrónico remoto.

Anexo J - Ficha técnica do equipamento de climatização

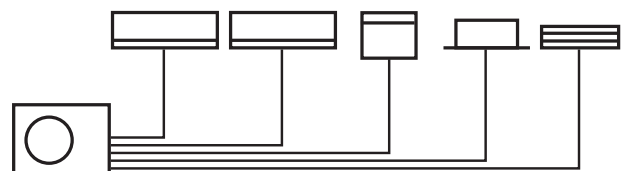
Panasonic

NOVO SISTEMA FREE MULTI Z

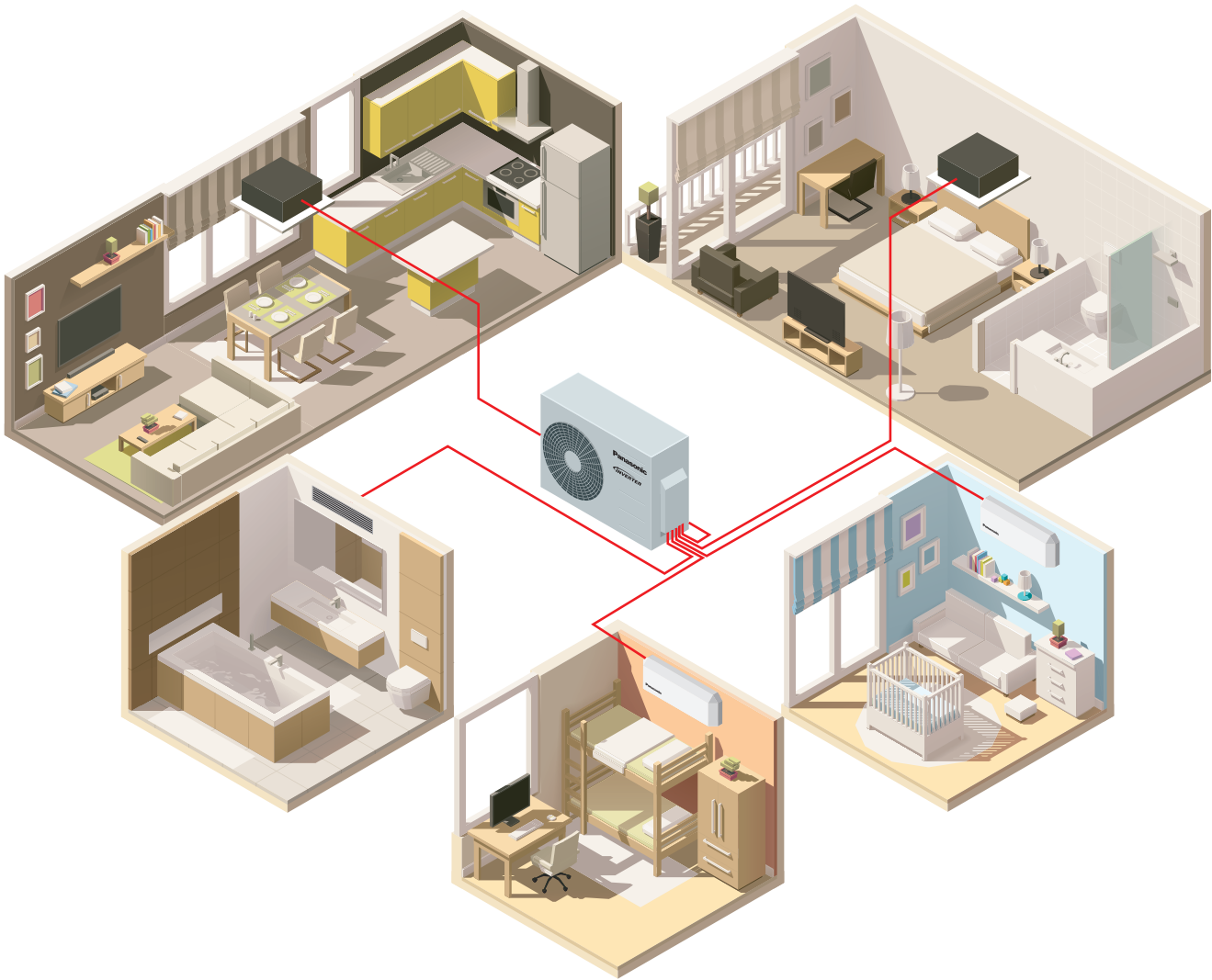
Até 5 unidades interiores
com uma só unidade exterior



heating & cooling solutions



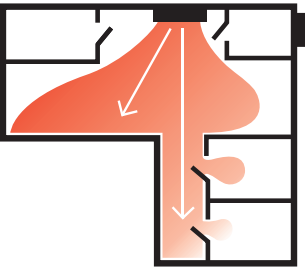
SE PRETENDE OBTER FLEXIBILIDADE E PERSONALIZAÇÃO MÁXIMAS,
A GAMA FREE MULTI É A OPÇÃO IDEAL



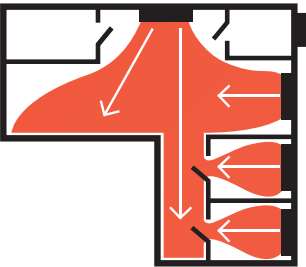
Os sistemas Free Multi da Panasonic trazem conforto para a sua casa e escritório. Uma unidade compacta e única consegue estabelecer ligação com até cinco unidades interiores, poupando espaço no exterior. Cada divisão dispõe de controlo independente, para que os ocupantes possam desfrutar de um controlo da temperatura mais preciso e possam poupar energia quando a divisão não estiver a ser utilizada. O refrigerante R32 da nova geração permite obter um excelente desempenho, uma eficiência energética A+++ e minimizar o impacto ambiental.

- Até 5 divisões com controlo individual
- Grande variedade de unidades interiores que se adaptam a cada divisão
- Unidades com purificador do ar Nanoe
- Design elegante e de alta qualidade
- Alta eficiência: Classe de eficiência energética até A+++
- Instalação flexível, unidades compactas e grande distância de ligação
- Utilização do novo refrigerante R32.
- Controlo por telemóvel quando e onde quiser (opcional)

Por que motivo o Multi Split é melhor do que várias unidades split separadas



Solução com single split
Uma unidade interior estabelece ligação a uma unidade exterior. A unidade interior é colocada na entrada principal e aquece toda a casa. Determinadas divisões podem não ser bem aquecidas, o que provoca um conforto desadequado.



Solução com Multi Split
Com uma unidade exterior, pode estabelecer ligação a até cinco unidades interiores. Existe uma unidade interior por divisão ou área. Provoca um aumento significativo dos níveis de conforto. No exterior, existe apenas uma unidade exterior.

Flexibilidade total até 10 kW e até 5 portas com uma vasta gama de unidades interiores, incluindo unidades interiores Etherea de alto desempenho, classe de eficiência energética até A+++/A++ e o refrigerante R32 da nova geração

Adotar um estilo de vida ecológico é agora mais fácil do que nunca

Comparativamente aos refrigerantes R22 e R410A, o R32 tem um impacto potencial muito baixo na deterioração da camada de ozono e no aquecimento global.

O Regulamento (UE) n.º 517/2014 obriga à substituição dos gases fluorados (gases F), tais como o R410A, por motivos ambientais, apesar de conceder um período de transição de 2017 a 2030.

É mesmo necessário esperar? Não. O nosso compromisso com a inovação não é condicionado por datas.

Por isso é que nos antecipamos e estamos a apresentar a nossa geração de sistemas de ar condicionado que utilizam o refrigerante R32.

1. Inovação na instalação

- Tão fácil de instalar como os sistemas R410A.
- Este refrigerante é 100% puro, o que faz com que seja mais fácil de reciclar e reutilizar

2. Inovação ambiental

- Sem impacto na camada de ozono
- Menos 75% de impacto sobre o aquecimento global

3. Inovação económica e de consumo de energia

- Custo reduzido e maiores poupanças: Menos 30% de refrigerante
- Maior eficiência energética do que o R410A



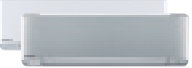
Um vasto leque de possibilidades

A Panasonic oferece-lhe a solução que se adapta perfeitamente ao seu projeto no que diz respeito à capacidade total, à capacidade individual de unidades interiores e à escolha do tipo de espaço interior. Tamanho, desempenho, funcionamento silencioso são algumas das funcionalidades excecionais da gama Free Multi da Panasonic.

Unidade exterior: Capacidade do sistema (Capacidade nominal de arrefecimento interior mín. - máx.)

2 divisões			3 divisões		4 divisões		5 divisões
3,2 - 6,0 kW	3,2 - 6,0 kW	3,2 - 7,7 kW	4,5 - 9,5 kW	4,5 - 11,2 kW	4,5 - 11,5 kW	4,5 - 13,6 kW	4,5 - 17,5 kW
							
CU-2Z35TBE	CU-2Z41TBE	CU-2Z50TBE	CU-3Z52TBE	CU-3Z68TBE	CU-4Z68TBE	CU-4Z80TBE	CU-5Z90TBE

Unidades interiores • GÁS R32

Capacidade		16	20	25	35	42	50	60	71
Etherea prateado / Branco puro mate		CS-MZ16TKE	CS-XZ20TKEW CS-Z20TKEW	CS-XZ25TKEW CS-Z25TKEW	CS-XZ35TKEW CS-Z35TKEW	CS-Z42TKEW	CS-XZ50TKEW CS-Z50TKEW		CS-Z71TKEW
TZ mural de estilo compacto		CS-MTZ16TKE	CS-TZ20TKEW-1	CS-TZ25TKEW-1	CS-TZ35TKEW-1	CS-TZ42TKEW-1	CS-TZ50TKEW	CS-TZ60TKEW	CS-TZ71TKEW
NOVA Consola de chão*			CS-MZ20UFEA	CS-Z25UFEAW	CS-Z35UFEAW		CS-Z50UFEAW		
NOVA Cassete 60 x 60 de 4 vias			CS-MZ20UB4EA / CZ-BT20EW	CS-Z25UB4EAW / CZ-BT20EW	CS-Z35UB4EAW / CZ-BT20EW		CS-Z50UB4EAW / CZ-BT20EW	CS-Z60UB4EAW / CZ-BT20EW	
NOVA Conduta de baixa pressão estática			CS-MZ20UD3EA	CS-Z25UD3EAW	CS-Z35UD3EAW		CS-Z50UD3EAW	CS-Z60UD3EAW	

PANASONIC FREE MULTI POUPANÇAS SIGNIFICATIVAS E MELHOR BEM-ESTAR



- A nova consola de chão foi concebida para satisfazer as grandes necessidades europeias: funcionamento extremamente silencioso, elevada eficiência e purificação do ar com nanoe™ X.
- O Etherea tem um design surpreendentemente fino que combina na perfeição com os ambientes mais modernos. Melhore a qualidade do ar com Etherea e com o purificador do ar nanoe™.

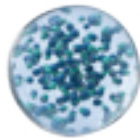
- As unidades interiores TZ são extremamente compactas. Com apenas 799 mm de largura, a unidade interior pode ser facilmente colocada no espaço acima de uma porta.

- Concebida para casas, escritórios, retalho e restaurantes, a conduta de baixa pressão estática é ideal para divisões de pequenas dimensões onde o sistema de ar condicionado e o aquecimento devem ter uma integração adequada e é necessário um conforto e eficiência elevados.

Ar sempre fresco e limpo com nanoe™ X e nanoe™

O nanoe™ X e o nanoe™ com nanotecnologia utiliza nanopartículas de água atomizada eletrostaticamente para purificar o ar da divisão.

- A operação de purificação pode funcionar em simultâneo ou independentemente da operação de aquecimento/arrefecimento.
- Inibe certos vírus e bactérias e tem um efeito desodorizante (bactérias, fungos, pólenes, vírus e fumo de cigarro).
- Os radicais OH do nanoe™ X removem o hidrogénio das bactérias, permitindo uma eficaz desodorização e esterilização com as nanopartículas de água atomizada eletrostaticamente nanoe™ e nanoe™ X que possuem inúmeros radicais OH. A sua eficácia na inibição das bactérias depende do número de radicais OH, que é gerado:



nanoe™ X: 4800 mil milhões de radicais OH por segundo com uma grande descarga multi-líder (área de produção de radicais OH)



nanoe™: 480 mil milhões de radicais OH por segundo com uma descarga de corona (área de produção de radicais OH)

Elevada classe de eficiência energética A+++ e A++

É possível obter conforto e elevada eficiência ao combinar a melhor tecnologia com uma bomba de calor. Graças ao compressor Inverter original da Panasonic, o centro da bomba de calor, são atingidos elevados níveis de eficiência energética. Consequentemente, os custos de funcionamento são substancialmente reduzidos. O sistema consegue aquecer mesmo a -15 °C no exterior.

Resistência elétrica vs. Bomba de calor



* COP de 4,8 dos modelos CU-Z235TBE e CU-S290TBE, cálculo do COP baseado na norma EN14511.

A Panasonic oferece-lhe a solução que se adapta a cada uma das suas divisões e lhe dá um ambiente agradável todo o ano. Para além disso, melhora a qualidade do ar ao inibir o crescimento de certas bactérias e vírus e ao reduzir os maus odores.

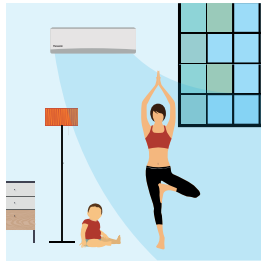
Mural Etherea prateado / branco puro mate	TZ mural de estilo compacto	Nova consola de chão	Conduta de baixa pressão estática	Cassete 60 x 60 de 4 vias
Etherea com sensor Econavi otimizado e o novo sistema de purificação do ar nanoe™. Eficiência superior, conforto e ar saudável combinados com um design avançado.	TZ com tamanho interior compacto. As novas unidades interiores TZ são compactas e potentes. Branco mate e design compacto, que combina com qualquer espaço, com 799 mm de largura e filtro de purificação do ar de PM2,5.	Com o novo sistema de purificação do ar nanoe™ X. Conforto inigualável (tecnologia Super Quiet com apenas 20 dB(A)) e ar saudável conjugados com um design inovador	Concebida para casas, escritórios, retalho e restaurantes. Esta conduta é ideal para divisões de pequenas dimensões onde o sistema de ar condicionado e o aquecimento devem ter uma integração adequada e é necessário um conforto e eficiência elevados.	Unidades exteriores ultracompactas para uma instalação simples. Especialmente concebido para casas, escritórios, retalho e restaurantes. Esta cassete é adequada para uma instalação em grelhas de tetos de 60 x 60.

5 funções que permitem poupar energia em simultâneo com Etherea e Econavi com sensores eco-inteligentes

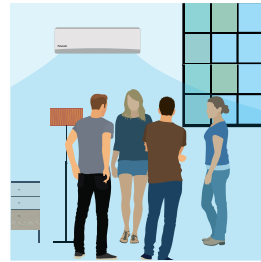
Sensores inteligentes que detetam potenciais gastos de energia através dos sensores de deteção de atividade humana e de luz solar. Conseguem detetar a localização das pessoas, os seus movimentos ou a sua ausência e a intensidade da luz solar. Ajustam automaticamente a potência de arrefecimento para poupar energia de forma eficiente, com o conforto e a conveniência de um aquecimento e arrefecimento ininterruptos. O Econavi está disponível para unidades interiores Etherea.



Onda de temperatura
Padrão rítmico de controlo da temperatura para poupar energia sem sacrificar o conforto.



Deteção de área
Direciona o fluxo de ar para o local onde estiver na divisão. O Econavi deteta as mudanças nos movimentos das pessoas e reduz o gasto de arrefecimento na área desocupada da divisão.



Deteção de atividade
Adapta a potência de arrefecimento às suas atividades diárias. O Econavi deteta as mudanças nos níveis de atividade e reduz o gasto de arrefecimento com a potência desnecessária.



Deteção de ausência
Reduz a potência de arrefecimento quando não estiver na divisão. O Econavi deteta a ausência de pessoas na divisão e reduz o gasto de arrefecimento de uma divisão vazia.



Deteção da luz solar
Ajusta a potência de arrefecimento consoante as mudanças na intensidade da luz solar.

Novo kit WiFi Panasonic

Controle o conforto e o consumo de energia com o seu smartphone

O novo acessório CZ-TACG1 permite controlar o conforto e o consumo de energia com o seu smartphone ou tablet através da Internet. Oferece ainda mais funções independentemente de estar em casa ou no escritório: iniciar/parar, modo de funcionamento, definição da temperatura, temperatura do espaço, temporizador semanal, entre outras funções, assim como a nova funcionalidade avançada proporcionada pelo Controlo via Internet para alcançar um nível de conforto superior e aumentar a eficiência. Ligue o acessório CZ-TACG1 à unidade interior e estabeleça uma ligação sem fios ao seu router de Internet.



É necessário um CZ-TACG1 por unidade interior.





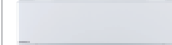
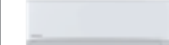
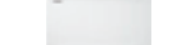
Sistema Free Multi Z com unidade exterior • GÁS R32									
Capacidade do sistema (Capacidade nominal de arrefecimento interior mín. - máx.)		3,2 a 6,0kW		3,2 a 6,0kW		3,2 a 7,7 kW		4,5 a 9,5 kW	
Unidade		CU-Z235TBE		CU-Z241TBE		CU-Z250TBE		CU-Z325TBE	
Capacidade de arrefecimento		Nominal (Mín. - Máx.)	kW	3,50 (1,50-4,50)	4,10 (1,50-5,20)	5,00 (1,50-5,40)	5,20 (1,80-7,30)	6,80 (1,90-8,00)	6,80 (1,90-8,80)
EER ¹⁾		Nominal (Mín. - Máx.)	W/W	4,86 (6,00-4,09)A	4,56 (6,00-3,80)A	4,24 (6,00-3,62)A	4,77A	3,66 (7,04-3,38)A	4,39 (5,59-3,56)A
SEER ²⁾		W/W	8,50 A+++	8,50 A+++	8,50 A+++	8,50 A+++	8,00 A+++	8,00 A+++	7,90 A+++
Pdesign (arrefecimento)			kW	3,5	4,1	5,0	5,2	6,8	8,0
Potência de entrada para arrefecimento		Nominal (Mín. - Máx.)	kW	0,72 (0,25-1,10)	0,90 (0,25-1,37)	1,18 (0,25-1,49)	1,09 (0,36-2,18)	1,86 (0,27-2,37)	1,55 (0,34-2,47)
Consumo anual de energia ³⁾			kWh/a	144	169	206	214	298	298
Capacidade calorífica		Nominal (Mín. - Máx.)	kW	4,20 (1,10-5,60)	4,60 (1,10-7,00)	5,60 (1,10-7,20)	6,80 (1,60-8,30)	8,50 (3,00-10,40)	8,50 (3,00-10,60)
Capacidade calorífica a -7 °C			kW	—	—	—	3,95	4,45	4,45
COP ¹⁾		Nominal (Mín. - Máx.)	W/W	4,88 (5,24-4,18)A	4,79 (5,24-3,91)A	4,63 (5,24-4,00)A	4,72A	3,95 (5,32-3,64)A	4,47 (5,17-3,96)A
SCOP ²⁾		W/W	4,60 A+++	4,60 A+++	4,60 A+++	4,20 A++	4,20 A++	4,20 A++	4,70 A+++
Pdesign a -10 °C			kW	3,2	3,5	4,2	5,0	5,2	5,8
Potência de entrada para aquecimento		Nominal (Mín. - Máx.)	kW	0,86 (0,21-1,34)	0,96 (0,21-1,79)	1,21 (0,21-1,80)	1,47 (3,20-2,17)	2,15 (0,62-2,86)	1,90 (0,58-2,68)
Consumo anual de energia ³⁾			kWh/a	974	1065	1278	1667	1733	2026
Corrente		Arrefecimento / Aquecimento	A	3,35 / 4,00	4,15 / 4,45	5,35 / 5,50	5,00 / 6,70	8,40 / 9,70	7,00 / 8,60
Fonte de alimentação			V	230	230	230	230	230	230
Fusível recomendado			A	16	16	16	16	20	20
Cabos de alimentação recomendados			mm²	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Pressão acústica ⁴⁾		Arrefecimento / Aquecimento (Alto)	dB(A)	48 / 50	48 / 50	50 / 52	47 / 48	51 / 52	49 / 50
Dimensões ⁵⁾		A x L x P	mm	619x824x299	619x824x299	619x824x299	795x875x320	795x875x320	999x940x340
Peso líquido			kg	39	39	39	71	71	72
Ligações das tubagens		Tubo para líquido	Polegadas (mm)	1/4 (6,35)	1/4 (6,35)	1/4 (6,35)	1/4 (6,35)	1/4 (6,35)	1/4 (6,35)
		Tubo para gás	Polegadas (mm)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)
Total da gama de comprimentos de tubagens ⁶⁾			m	6~30	6~30	6~30	6~50	6~60	6~60
Gama de comprimentos de tubagens por unidade			m	3~20	3~20	3~20	3~25	3~25	3~25
Desnível (int./ext.)			m	10	10	10	15	15	15
Comprimento da tubagem para gás adicional			m	20	20	20	30	30	45
Teor adicional de gás			g/m	15	15	15	20	20	20
Refrigerante (R32)			kg/TCO ₂ Eq.	1,12 / 0,756	1,12 / 0,756	1,12 / 0,756	2,10 / 1,418	2,10 / 1,418	2,10 / 1,418
				2,72 / 1,836	2,72 / 1,836	2,72 / 1,836	2,72 / 1,836	2,72 / 1,836	2,72 / 1,836
Tipos de funcionamento		Arrefecimento Mín. ~ Máx. °C		-10 ~ +46	-10 ~ +46	-10 ~ +46	-10 ~ +46	-10 ~ +46	-10 ~ +46
		Aquecimento Mín. ~ Máx. °C		-15 ~ +24	-15 ~ +24	-15 ~ +24	-15 ~ +24	-15 ~ +24	-15 ~ +24

1) EER e cálculo do COP baseado na norma EN14511. 2) Escala de rotulagem energética de A+++ a D. 3) O consumo de energia anual é calculado de acordo com a diretiva UE/626/2011. 4) A pressão acústica das unidades mostra o valor medido numa posição situada a 1 metro em frente à estrutura principal e a 0,8 metros abaixo da unidade. A pressão acústica é medida de acordo com a especificação Eurovent 6/C/006-97. 5) Adicionar 70 mm para a saída do tubo. 6) O comprimento mínimo das tubagens é de 3 metros por unidade interior. Quantidade mínima para ligação: 2 unidades interiores.

Como combinar unidades interiores e exteriores?

Cada unidade exterior tem um número limite de unidade interiores de ligação, dependendo da capacidade e número de portas (divisões). Para saber a combinação correta, adicione o índice de capacidade (kW) de cada unidade interior que pretende ligar. A unidade exterior correta é aquela que corresponde ao índice de capacidade total de espaços interiores dentro do (e incluindo o) intervalo mínimo e máximo. Se existirem várias opções de espaços exteriores dos quais pode escolher, seleccione uma capacidade exterior maior ou menor, dependendo da utilização simultânea que planeou para o seu projeto.

Possíveis combinações de unidades interiores/exteriores • GÁS R32

	Etherea prateado								Etherea branco mate								TZ mural de estilo compacto								NOVA Consola de chão*								NOVA Cassete 60 x 60 de 4 vias								NOVA Conduta de baixa pressão estática									
																																																		
Índice de capacidade da unidade interior	16	20	25	35	42	50	60	71	16	20	25	35	42	50	60	71	16	20	25	35	42	50	60	71	16	20	25	35	42	50	60	71	16	20	25	35	42	50	60	71	16	20	25	35	42	50	60	71		
kW	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,2	5,0	6,0	7,1		
CU-Z235TBE / 3,2 - 6,0 kW / 2 divisões	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓						✓	✓	✓					✓	✓	✓								
CU-Z241TBE / 3,2 - 6,0 kW / 2 divisões	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓						✓	✓	✓					✓	✓	✓								
CU-Z250TBE / 3,2 - 7,7 kW / 2 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-Z3252TBE / 4,5 - 9,5 kW / 3 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-3Z68TBE / 4,5 - 11,2 kW / 3 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-4Z68TBE / 4,5 - 11,5 kW / 4 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-4Z80TBE / 4,5 - 14,7 kW / 4 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-5Z90TBE / 4,5 - 18,3 kW / 5 divisões	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

1) É necessário um redutor de tubo CZ-MA1P na 42 e 50, é necessário um expansor de tubo CZ-MA2P na 60 e um redutor de tubo CZ-MA3P na 71. * Compatível apenas com 2 portas exteriores CU-Z235TBE / CU-Z241TBE / CU-Z250TBE.

Modelo de combinação Multi exterior	Modelo
CS-MZ16TKE / CS-MTZ16TKE CS-XZ20TKEW / CS-Z20TKEW / CS-TZ20TKEW-1 / CS-MZ20UFEA / CS-MZ20UB4EA / CS-MZ20UD3EA CS-XZ25TKEW / CS-Z25TKEW / CS-TZ25TKEW-1 / CS-Z25UFEAW / CS-Z25UB4EAW / CS-Z25UD3EAW CS-XZ35TKEW / CS-Z35TKEW / CS-TZ35TKEW-1 / CS-Z35UFEAW / CS-Z35UB4EAW / CS-Z35UD3EAW	CU-Z235TBE / CU-Z241TBE / CU-Z250TBE / CU-Z325TBE / CU-3Z68TBE / CU-4Z68TBE / CU-4Z80TBE / CU-5Z90TBE
CS-Z42TKEW / CS-TZ42TKEW-1 CS-XZ50TKEW / CS-Z50TKEW / CS-TZ50TKEW / CS-Z50UFEAW / CS-Z50UB4EAW / CS-Z50UD3EAW	CU-Z250TBE / CU-3Z52TBE / CU-3Z68TBE / CU-4Z68TBE / CU-4Z80TBE / CU-5Z90TBE
CS-TZ60TKEW / CS-Z60UB4EAW / CS-Z60UD3EAW	CU-3Z68TBE / CU-4Z68TBE / CU-4Z80TBE / CU-5Z90TBE
CS-Z71TKEW / CS-TZ71TKEW	CU-4Z80TBE / CU-5Z90TBE

* Também é necessário utilizar o adaptador CZ-MA2P para o CZ-MA3P.

O CZ-MA1P deve ser utilizado para reduzir o tamanho de ligação na unidade interior de 1/2" para 3/8". O CZ-MA2P deve ser utilizado para aumentar o tamanho de ligação na unidade exterior de 3/8" para 1/2". O CZ-MA3P deve ser utilizado para reduzir o tamanho de ligação na unidade interior de 5/8" para 1/2".



IF DESIGN AWARD 2017: O Etherea branco recebeu o prestigiado prémio IF Design Award 2017. CONTROLO VIA INTERNET: opcional.



Mural Etherea	Unidade interior prateada	Unidade interior branco mate	Capacidade de arrefecimento	Capacidade calorífica	Ligação	Pressão acústica ¹		Dimensões/Peso líquido		Ligações das tubagens	
						Arrefecimento — Aquecimento (Alto/Baixo/S-Baixo)		A x L x P		Líquido / Tubo do gás	
						dB(A)		mm / kg		Polegadas (mm)	
1,6 kW	—	CS-MZ16TKE	1,60 / 1380	2,60 / 2240	4x1,5	38 / 26 / 21	— 39 / 27 / 21	295x919x194 / 9	— 295x919x194 / 9	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
2,0 kW	CS-XZ20TKEW	CS-Z20TKEW	2,00 / 1720	3,20 / 2750	4x1,5	39 / 26 / 21	— 40 / 27 / 21	295x919x194 / 9	— 295x919x194 / 9	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
2,5 kW	CS-XZ25TKEW	CS-Z25TKEW	2,50 / 2150	3,60 / 3100	4x1,5	41 / 27 / 21	— 43 / 29 / 21	295x919x194 / 10	— 295x919x194 / 10	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
3,5 kW	CS-XZ35TKEW	CS-Z35TKEW	3,20 / 2750	4,50 / 3870	4x1,5	44 / 30 / 21	— 45 / 35 / 21	295x919x194 / 10	— 295x919x194 / 10	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
4,2 kW	—	CS-Z42TKEW	4,00 / 3440	5,60 / 4820	4x1,5	44 / 33 / 27	— 45 / 37 / 31	295x919x194 / 10	— 295x919x194 / 10	1/4 (6,35) / 1/2 (12,70)	— 1/4 (6,35) / 1/2 (12,70)
5,0 kW	CS-XZ50TKEW	CS-Z50TKEW	5,00 / 4300	6,80 / 5850	4x1,5	44 / 39 / 32	— 46 / 39 / 32	302x1120x236 / 12	— 302x1120x236 / 12	1/4 (6,35) / 1/2 (12,70)	— 1/4 (6,35) / 1/2 (12,70)
7,1 kW	—	CS-Z71TKEW	7,10 / 6110	8,60 / 7395	—	49 / 40 / 32	— 49 / 40 / 32	302x1120x236 / 13	— 302x1120x236 / 13	1/4 (6,35) / 5/8 (15,88)	— 1/4 (6,35) / 5/8 (15,88)



CONTROLO VIA INTERNET: opcional.



TZ mural de estilo compacto	Unidade interior branco mate	Capacidade de arrefecimento	Capacidade calorífica	Ligação	Pressão acústica ¹		Dimensões/Peso líquido		Ligações das tubagens	
					Arrefecimento — Aquecimento (Alto/Baixo/S-Baixo)		A x L x P		Líquido / Tubo do gás	
					dB(A)		mm / kg		Polegadas (mm)	
1,6 kW	CS-MTZ16TKE	1,60 / 1380	2,60 / 2240	4x1,5	38 / 27 / 22	— 39 / 28 / 24	290x799x197 / 8	— 290x799x197 / 8	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
2,0 kW	CS-TZ20TKEW-1	2,00 / 1720	3,20 / 2750	4x1,5	39 / 27 / 22	— 40 / 28 / 24	290x799x197 / 8	— 290x799x197 / 8	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)
2,5 kW	CS-TZ25TKEW-1	2,50 / 2150	3,60 / 3100	4x1,5	42 / 28 / 22	— 42 / 29 / 24	290x799x197 / 8	— 290x799x197 / 8	1/4 (6,35) / 3/8 (9,52)	— 1/4 (

Alto desempenho e ar saudável

99% O nanoe™ utiliza partículas finas de nanotecnologia para purificar o ar da divisão. Funciona de forma eficaz contra microrganismos em suspensão e aderentes, tais como certos tipos de bactérias, vírus e fungos.

99% O nanoe™ X utiliza partículas finas de nanotecnologia para purificar o ar da divisão. Funciona de forma eficaz contra microrganismos em suspensão e aderentes.

É possível encontrar partículas (PM2,5) em suspensão no ar, incluindo pó, sujidade, fumo e gotas de líquidos. O filtro consegue neutralizar partículas PM2,5 incluindo poluentes perigosos, assim como pó da casa e pólen.

Com a tecnologia Super Quiet, os nossos aparelhos são muito mais silenciosos do que uma biblioteca (30 dB(A)).

O Perfect Humidity Air controla os níveis de humidade para evitar que o ar fique demasiado seco.

Maior conforto com a Aerowings. Direcione o fluxo de ar para o teto para criar um efeito "Shower Cooling" com o design da lamela dupla no interior.

Até -10 °C em modo «só arrefecimento» O sistema de ar condicionado funciona no modo só arrefecimento com uma temperatura exterior de -10 °C.

Até -15 °C em modo de aquecimento. O sistema de ar condicionado funciona em modo de bomba de calor a temperaturas exteriores tão baixas quanto -15 °C.

O sistema de renovação Panasonic permite a reutilização de tubagens R22 já existentes de boa qualidade aquando da instalação de novos sistemas R410A de alto rendimento.

O sistema de renovação Panasonic permite a reutilização de tubagens R410A ou R22 já existentes de boa qualidade aquando da instalação de novos sistemas R32 de alto rendimento.

Poupança energética

O sensor de deteção de atividade humana e o sensor de luz solar inteligentes conseguem detetar e reduzir o desperdício de energia, ao otimizar o ar condicionado de acordo com as condições do espaço. Com o simples toque de um botão, conseguirá poupar energia.

A classificação do sistema Inverter Plus destaca os sistemas com melhor desempenho da Panasonic

Compressor rotativo Panasonic R2. Concebido para suportar as condições extremas, este aparelho oferece o máximo desempenho e eficiência.

As nossas bombas de calor que incluem o refrigerante R32 demonstram uma redução drástica no valor do Potencial de aquecimento global (PAG). Um passo importante na redução de gases com efeito de estufa. O R32 também é um refrigerante com componentes, o que faz com que seja mais fácil de reciclar.

Conectividade elevada

Esta unidade está preparada para estabelecer ligação à Internet via smartphone, através de uma aplicação eficaz e intuitiva para que possa gerir o conforto onde quer que esteja.

A unidade está preparada para ser integrada e gerida pelos sistemas centralizados da Panasonic com o CZ-CAPRA1

Porta de comunicação para integração da unidade segundo os padrões mais conhecidos de sistemas de gestão residencial ou de edifícios.

5 anos de garantia. Oferecemos garantia aos compressores das unidades exteriores de toda a gama por um período de cinco anos.

Os iF Product Design Awards estão entre os prémios mais prestigiados da excelência de design de produtos. Vencedor do prémio graças à sua funcionalidade extremamente inteligente, o Panasonic Etherea é o sistema de ar condicionado ideal para aplicações domésticas e comerciais.

	Refrigerante R32	SEER	SCOP	Sistema Inverter+	Compressor rotativo R2	Até -10 °C em modo «só arrefecimento»	Até -15 °C em modo de aquecimento	Renovação R410A/ R22	Garantia no compressor
Funcionalidades das unidades exteriores									
CU-2Z35TBE / CU-2Z41TBE / CU-2Z50TBE	✓	8,50	4,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-3Z52TBE / CU-3Z68TBE	✓	8,50 8,00	4,20	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-4Z68TBE / CU-4Z80TBE	✓	8,00 7,90	4,20 4,70	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CU-5Z90TBE	✓	8,50	4,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓

	Econavi	Nanoe™	Nanoe™X	Filtro de PM2,5	Aerowings	Super Quiet*	Controlo via Internet (opcional)	Controlo fácil através de BMS (opcional)
Funcionalidades das unidades interiores								
Mural Etherea	✓	✓			✓	✓ 21dB(A) para MZ16, XZ/Z20, XZ/Z25 e XZ/Z35	✓	✓
Novo TZ mural de estilo compacto				✓	✓	✓ 22dB(A) para MTZ16, TZ20/25/35	✓	✓
Consola de chão			✓			✓ 20dB(A) para Z25/35	✓	✓
Cassete 60 x 60 de 4 vias						✓ 22dB(A) para Z25	✓	✓
Conduta de baixa pressão estática							✓	✓

* Na velocidade mais baixa do ventilador. 1) Escala de rotulagem energética de A+++ a D



Panasonic®

Para descobrir como a Panasonic se preocupa consigo, visite a página: www.aircon.panasonic.eu

Panasonic Marketing Europe GmbH
Ar Condicionado Panasonic
Hagenauer Strasse 43, 65203 Wiesbaden, Alemanha

heating & cooling solutions





