



ADNILSON LOPES
MEDINA CORREIA

Nº.: 202002849

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA DO CONDOMÍNIO
TAGUS BAY LOCALIZADO EM
ALCOCHETE – SETÚBAL –
PORTUGAL: Simulação Energética
e Propostas de Melhoria para
Otimização do Consumo de Energia**

Relatório de Projeto do Mestrado em Engenharia
e Gestão de Energia na Indústria e Edifícios

ORIENTADOR

Doutor, Luís Manuel Rodrigues Coelho

Doutor, João Nuno Pinto Miranda Garcia

Dezembro 2024

ADNILSON LOPES
MEDINA CORREIA

Nº.: 202002849

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA DO CONDOMÍNIO
TAGUS BAY LOCALIZADO EM
ALCOCHETE – SETÚBAL –
PORTUGAL: Simulação Energética
e Propostas de Melhoria para
Otimização do Consumo de Energia**

JÚRI

Presidente: Doutor, Paulo Miguel M. Fontes, ESTSetúbal/IPS

Orientador: Doutor, Luís Manuel R. Coelho, ESTSetúbal/IPS

Arguente: Doutor, Rogério José da S. C. Duarte, ESTSetúbal/IPS

AGRADECIMENTOS

Sinto-me muito feliz e grato por ter chegado com sucesso até ao fim desta etapa académica. Foram momentos de muita luta, esforço e sacrifício, mas também de grande aprendizagem e troca de conhecimentos. Se hoje me sinto realizado por ter concluído este mestrado, isso se deve também ao apoio de muitas pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste sonho. Por isso tenho o prazer e a honra de agradecê-las individualmente:

Primeiramente, e com imenso e sincero reconhecimento, quero agradecer em especial aos meus orientadores, Professores, Doutor Luís Coelho e Doutor João Garcia. Foram pessoas cujo apoio foi indispensável para a realização deste projeto. Recebi o apoio de ambos do início ao fim, sempre com disposição para ajudar e explicar. Sou muito grato por vos ter tido como orientador e essa experiência ficará registada na minha memória. Um muito obrigado por tudo!

Agradeço a todos os professores que tive nas outras unidades curriculares deste curso de mestrado. Aprendi bastante convosco e digo que os vossos ensinamentos foram o alicerce deste projeto e continuarão a orientar-me na minha vida profissional.

Agradeço à Direção da EST do IPS e aos membros da gestão e coordenação por terem feito deste curso uma mais valia para quem o frequenta.

Agradeço aos responsáveis da supervisão e gestão do condomínio, Sr. João Barata, Sra. Carla Pires e o Sr. Luís Vieira pelo apoio e acompanhamento prestados, que foram fundamentais para a obtenção das informações úteis que serviram de base para elaboração deste projeto.

Agradeço aos meus colegas de mestrado e a todos aqueles que participaram de forma direta ou indireta para a minha aprendizagem.

Por fim, e não menos importante, gostaria de agradecer à minha família, que sempre esteve ao meu lado, apoiando-me em todos os momentos.

RESUMO

A Eficiência Energética nos edifícios surge com o intuito de baixar o consumo de energia nos edifícios, sem baixar o padrão de conforto térmico e a qualidade de vida dos ocupantes. Este conceito segue-se acompanhado do objetivo macro que é o da descarbonização do planeta e da prevenção de ecossistema, que há décadas vem sofrendo com a poluição e a destruição da camada de ozono por emissão de gases de efeito de estufa. O interesse pelo resultado da boa prática da eficiência energética levou à criação do objetivo deste trabalho que é de elaborar um estudo de caso sobre a eficiência energética no condomínio Tagus Bay em Alcochete – Setúbal. Este estudo consiste em fazer a simulação energética no *software Design Builder* e realizar as inspeções aos sistemas técnicos dos serviços comuns, incluindo a iluminação e o aquecimento das piscinas com vista a identificar pontos de melhorias da otimização do consumo de energia que podem proporcionar resultados positivos na redução da faturação e da taxa de emissões de CO_2 . Como resultado, foram identificados pontos que poderão auxiliar na redução de consumo de energia, como o sistema de aquecimento existente do Bloco D, que está sobredimensionado com uma potência total de 129,6 kW, enquanto que o resultado da simulação aponta para 59,94 kW como necessidade de potência de aquecimento. Também no estudo luminotécnico realizado no *software Dialux evo* foi verificado que existe a possibilidade de redução do consumo de energia associado à iluminação do parque no Piso -1, com a possibilidade de poupança de energia anual de 5 661,15 kWh e uma poupança monetária anual de aproximadamente 1 069,45 €, com um período de retorno simples de 4,7 anos. De salientar que esta medida de melhoria resultaria na redução de 2 038,01 kg de emissões de CO_2 por ano. Sobre a situação energética das piscinas aquecidas no exterior, após análise chegou-se à conclusão que não seria viável desligar as piscinas diariamente pelo que a poupança com esse procedimento não se justifica.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência energética, simulação energética e otimização do consumo de energia no edifício.

ABSTRACT

The Energy Efficiency in buildings arises with the aim of lowering energy consumption in buildings without lowering the standard of thermal comfort and quality of life for occupants and this concept continues to be accompanied by the macro-objective of decarbonizing the planet and preventing the ecosystem, which for decades has been suffering from pollution and destruction of the ozone layer due to greenhouse gas emissions. The interest in the results of good energy efficiency practice led to the creation of the objective of this work, which is to develop a case study on energy efficiency in the Tagus Bay condominium in Alcochete – Setúbal, carrying out the energy simulation in the Design Builder software and carrying out the inspections of the technical systems of common services, including lighting and swimming pool heating to identify points for improvement in optimizing energy consumption that can provide positive results in reducing billing and reducing of the CO_2 emission rate. As a result, points were identified that could help reduce energy consumption, which is the existing heating system of Block D, which is oversized with a total power of 129.6 kW, while the simulation result points to 59.94 kW as need for heating power. Also, in the lighting technical study carried out using the Dialux evo software, it was verified that there is a possibility of reducing energy consumption associated with lighting the park on Floor -1, with the possibility of annual energy savings of 5,661.15 kWh and an annual monetary saving of approximately €1,069.45, with payback of 4.7 years. It should be noted that this improvement measure would avoid 2,038.01 kg of CO_2 emissions per year. Regarding the energy situation of outdoor heated pools, after analysis, it was concluded that it would not be viable to turn off the pools daily, meaning that the savings from this procedure are not justified.

KEYWORDS

Energy efficiency, energy simulation and optimization of energy consumption in the building.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	ii
ABSTRACT.....	iii
SUMÁRIO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Delimitação do Tema.....	1
1.2. Problematização	2
1.3. Hipótese de Estudo	3
1.4. Contextualização e Justificação do Tema	4
1.5. Objetivo	6
1.5.1. Objetivo Geral	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Estrutura da Dissertação	7
1.7. Metodologia.....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS EM PORTUGAL	8
2.1. Enquadramento sobre Descarbonização do Planeta e Transição Energética.....	8
2.1.1. As Metas Climáticas da UE e o Pacto Ecológico Europeu	11
2.1.2. Transição Energética e Eficiência Energética na UE.....	11
2.1.3. Panorama Nacional sobre Descarbonização	15
2.2. Eficiência Energética dos Edifícios em Portugal.....	16
2.2.1. Definição da Eficiência Energética	16
2.2.2. Princípios Gerais da Eficiência Energética.....	17
2.2.3. Panorama Energético dos Edifícios de Habitação em Portugal	18
2.2.4. Requisitos de Avaliação da Eficiência Energética dos Edifícios.....	21
2.2.5. Metodologia de Cálculo de Avaliação de Desempenho Energética dos Edifícios de Habitação	33
3. ESTUDO DE CASO PRÁTICO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CONDOMÍNIO TAGUS BAY LOCALIZADO EM ALCOCHETE – SETÚBAL – PORTUGAL: Simulação Energética e Propostas de Melhoria para Otimização do Consumo de Energia	35
3.1. Descrição do Condomínio Tagus Bay	35
3.1.1. Situação Energética Atual do Condomínio.....	39

3.1.2.	Zonamento Climático do Condomínio Tagus Bay	40
3.2.	Caracterização dos Elementos da Avaliação de Requisitos do Condomínio...	44
3.2.1.	Envolventes Opacas:	44
3.2.2.	Envolvente Envidraçado:.....	59
3.2.3.	Sistemas de Ventilação:	61
3.2.4.	Sistema de Iluminação Interior	61
3.2.5.	Consumo de AQS no Bloco D.....	62
3.3.	Resultados da Simulação Energética no Software Design Builder	64
3.3.1.	Sistemas de Climatização no Bloco D:.....	66
3.3.2.	Indicadores do uso de Energia Primária:.....	73
3.4.	Inspeção aos Sistemas Técnicos das Zonas Comuns para Identificação de Medidas de Melhoria	83
3.4.1.	Iluminação da Cave (Piso -1)	83
3.4.2.	Iluminação Exterior do Jardim.....	101
3.4.3.	Piscinas Aquecidas Descobertas no Exterior.....	102
3.5.	Tabela Resumo dos Principais Resultados do Consumo do Condomínio	114
4.	CONCLUSÃO	117
4.1.	Propostas de trabalhos futuros	119
5.	REFERÊNCIAS	121
6.	APÊNDICE	123
6.1.	Anexo I: Exemplo de Certificado Energético de Edifício de Habitação	123
6.2.	Anexo II: Exemplo de Certificado Energético de Grande Edifício de Comércio e Serviços	124
6.3.	Anexo III: Localização das 75 estações climatológicas do Continente	125
6.4.	Anexo IV: Temperaturas Exteriores de Projeto de Inverno	126
6.5.	Anexo V: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão.....	127
6.6.	Anexo VI: Coeficiente de transmissão térmica superficial máxima das envolvente opaca dos edifícios de habitação – Portugal Continental	128
6.7.	Anexo VII: Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux	129
6.8.	Anexo VIII: Temperatura da água e condições de conforto térmico das piscinas	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: As principais cúpulas de ação climática e seus marcos (Fonte: Iberdrola).....	10
Figura 2: Fonte de energia usada na produção de eletricidade na UE entre 1990 a 2023 (Fonte - Eurostat 2023).	13
Figura 3: Evolução da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) e Transcrição na Legislação Nacional (Fonte: DGEG).....	23
Figura 4: Modelo de Certificação Energética Original com o Atual (Fonte: CINERGIA).....	28
Figura 5: Localização do Condomínio Tagus Bay em Alcochete – Setúbal (Fonte: Google Earth)	35
Figura 6: Distribuição dos Blocos no Condomínio (Adaptado de Projeto de Arquitetura do Condomínio)	36
Figura 7: Programa para obtenção de ficheiro de dados climáticos a partir do CLIMAS-SCE (Fonte: LNEC)	41
Figura 8: Composição das paredes exteriores (35 cm).....	45
Figura 9: Composição das paredes interiores (15 cm)	47
Figura 10: Composição das paredes em contacto com o solo	49
Figura 11: Composição dos pavimentos interiores (30 cm).....	51
Figura 12: Composição das pavimentos exteriores (30 cm)	53
Figura 13: Composição do pavimento em contacto com o solo.....	55
Figura 14: Composição de Coberturas Invertidas em Terraço (Fonte: ITE50 LNEC)	56
Figura 15: Composição das coberturas em terraços	57
Figura 16: Composição das Portas Exteriores.....	58
Figura 17: Composição das Portas Exteriores.....	59
Figura 18: Composição dos vãos envidraçados	60
Figura 19: Modelação do condomínio no Design Builder	65
Figura 20: Modelação do condomínio no Design Builder	66
Figura 21: Bloco D.....	66
Figura 22: Unidade Exterior VRF no Terraço.....	67
Figura 23: Unidade Exterior VRF no Piso -1	67
Figura 24: Layout com circuito de iluminação da Cave (Fonte: Projeto Eletricidade do Condomínio)	83
Figura 25: Luminárias acesas após passagem da viatura	85
Figura 26: Luminárias Existentes no Piso -1	85
Figura 27: Curva da variação do fluxo luminoso em função do tempo de uso (Fonte: PHILIPS) ^[27]	86
Figura 28: Luxómetro digital Fluke LM-120 usado nas medições (Fonte: Autor)	86
Figura 29: Simulação da Iluminação no Dialux evo de uma Circulação do Piso -1 do Condomínio Tagus Bay.....	90
Figura 30: Nova Luminária para Piso -1	92
Figura 31: Aplicação das luminárias LEDVANCE como nova proposta de melhoria (Fonte: Autor)	92
Figura 32: Localização da Piscina Aquecida (Fonte: Projeto Arquitetura do Condomínio).....	103
Figura 33: Exemplo de Certificado Energético de Edifícios de Habitação (Fonte: CINERGIA)	123
Figura 34: Exemplo de Certificado Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (Fonte: CINERGIA)	124
Figura 35: Localização das 75 estações climatológicas do Continente (Fonte: INMG/LNEC)	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Desempenho energético para o setor residencial com base nas classes dos certificados energéticos emitidos até 2022 (fonte: ADENE, SCE)	19
Gráfico 2: Estrutura do consumo de energia final em 2014 (Fonte: DGEG)	20
Gráfico 3: Estrutura do consumo de energia final em 2023 (Fonte: DGEG)	20
Gráfico 4: Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de utilização (Fonte INE 2020)	21
Gráfico 5: Número de apartamentos do condomínio por tipologia	39
Gráfico 6: Dados Climático da Localização do Condomínio Tagus Bay (Fonte: Design Builder)	44
Gráfico 7: Representação dos ganhos e perdas térmicas nas envolventes do Bloco D	70
Gráfico 8: Temperaturas e ganhos térmicos no dia mais quente de estação de arrefecimento ...	71
Gráfico 9: Potência de aquecimento e arrefecimento simulada e instalada	72
Gráfico 10: Custo antes e depois das melhorias (€)	96
Gráfico 11: Resumo do peso de custo na fatura mensal de energia do serviço comum	116

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Definição da classe energética de acordo com o rácio RNt (Fonte: Manual SCE).....	30
Tabela 2: Distribuição das áreas do condomínio (Adaptado de Projeto de Arquitetura)	37
Tabela 3: Distribuição dos tipos de apartamento por bloco e por piso	38
Tabela 4: Temperaturas Exteriores de Projeto de Inverno	41
Tabela 5: Relação de Aproximação NPA e NPE (Fonte: ahorra energía, Governo de Espanha)42	
Tabela 6: Probabilidade de ocorrência da temperatura de projeto de inverno para efeito de cálculo no Design Builder	42
Tabela 7: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão.....	43
Tabela 8: Probabilidade de ocorrência da temperatura de projeto de verão para efeito de cálculo no Design Builder	43
Tabela 9: Composição das paredes exteriores (35 cm)	45
Tabela 10: Avaliação de Requisitos das Paredes Exteriores	45
Tabela 11: Composição das paredes interiores (15 cm).....	46
Tabela 12: Avaliação de Requisitos das Paredes Interiores	47
Tabela 13: Composição das paredes em contacto com o solo	48
Tabela 14: Avaliação de Requisitos das Paredes em contacto com o solo (Cave).....	49
Tabela 15: Composição de pavimentos interiores (30 cm)	50
Tabela 16: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos Interiores.....	51
Tabela 17: Composição dos pavimentos exteriores (30 cm).....	52
Tabela 18: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos Exteriores.....	53
Tabela 19: Composição do pavimento em contacto com o solo	54
Tabela 20: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos em contacto com o Solo (Cave).....	55
Tabela 21: Composição das coberturas exteriores em terraços.....	56
Tabela 22: Avaliação de Requisitos das Cobertura exteriores em Terraços	57
Tabela 23: Avaliação de Requisitos das Portas Exteriores	58
Tabela 24: Avaliação de Requisitos das Portas Interiores	59
Tabela 25: Dados do desempenho térmico do vidro simulados (Fonte: Calumen - Saint-Gobain)	60
Tabela 26: Avaliação de Requisitos dos Vãos Envidraçados.....	60
Tabela 27: DPI_{inst} a considerar na avaliação do DEE em cada zona no interior dos apartamentos	62
Tabela 28: Número de pessoas por tipologias.....	63
Tabela 29: Produção e consumo de AQS no Bloco D	64
Tabela 30: Configuração do Bloco D.....	66
Tabela 31: Características do Sistema de Climatização Existente no Bloco D.....	68
Tabela 32: Potência das Unidades Exteriores por Piso	69
Tabela 33: Potência de Arrefecimento Necessária Para o Bloco D	70
Tabela 34: Valores de temperatura e ganhos térmicos no dia mais quente de estação de arrefecimento.....	71
Tabela 35: Potência Simulada e Instalada para Aquecimento e Arrefecimento por Apartamento no Bloco D	72
Tabela 36: Resultado de Simulação das Necessidades nominais anuais de energia primária.....	73
Tabela 37: Custo de energia anual	74
Tabela 38: Custo médio mensal de consumo de energia.....	74
Tabela 39: Valores das eficiências retiradas dos equipamentos instalados.....	77
Tabela 40: Valores das eficiências de referência e fator de conversão de energias em energia primária de acordo com Manual SCE	78

Tabela 41: Necessidade de Energia útil para aquecimento e arrefecimento, para cálculo de N_{tc} e N_t	78
Tabela 42: Necessidade de Energia final para aquecimento e arrefecimento, para cálculo N_{tc} . 79	
Tabela 43: Necessidade de Energia final de referência para aquecimento e arrefecimento, para cálculo N_t	79
Tabela 44: Resultado do Cálculo da Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária e de Energia Primária de Referência (N_{tc} e N_t)	80
Tabela 45: Classe Energética dos Apartamentos do Bloco D de acordo com a Simulação Energética.....	81
Tabela 46: Energia Final e Energia Primária Total Anual do Bloco D.....	82
Tabela 47: Emissões de CO_2 no Bloco D	82
Tabela 48: Medições de Iluminância no Piso -1	86
Tabela 49: Consumo de energia diária na iluminação do Piso -1	87
Tabela 50: Consumo teórico de energia anual na iluminação do Piso -1.....	88
Tabela 51: Iluminância dos locais de acesso publico - Parqueamento público de automóveis (interiores).....	89
Tabela 52: Característica da Zona de Circulação em Análise.....	90
Tabela 53: Resultado de Análise de Iluminação da Circulação 1	91
Tabela 54: Lista das luminárias necessárias para substituir as atuais instaladas.....	91
Tabela 55: Consumo teórico de energia mensal na iluminação do Piso -1 após implementação das medidas de melhorias.....	94
Tabela 56: Consumo teórico de energia anual na iluminação do Piso -1 Após Implementação das Melhorias	95
Tabela 57: Poupança de Energia e Financeira Anual.....	96
Tabela 58: Fatores de conversão de energia final para energia primária	97
Tabela 59: Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO_2	98
Tabela 60: Quantidade de CO_2 evitado em relação a quantidade de energia primária poupada. 98	
Tabela 61: Orçamento de investimento para implementação das melhorias na iluminação do Piso -1.....	99
Tabela 62: Luminárias aplicadas na iluminação exterior do jardim.....	101
Tabela 63: Diagrama do funcionamento das piscinas aquecidas	104
Tabela 64: Legenda da Tabela 63	104
Tabela 65: Bomba de calor da piscina dos adultos	105
Tabela 66: Bomba de calor da piscina das crianças	106
Tabela 67: Consumo de energia diária no aquecimento das piscinas exteriores.....	107
Tabela 68: Consumo teórico de energia anual no aquecimento das piscinas exteriores	108
Tabela 69: Carga térmica para aquecimento das piscinas	113
Tabela 70: Perda Térmica com uso da Cobertura	113
Tabela 71: Tempo médio de aquecimento das piscinas	114
Tabela 72: Tabela Resumo dos Principais Resultados do Consumo do Condomínio.....	114
Tabela 73: Temperaturas Exteriores do Projeto de Inverno (Fonte: INMG/LNEC).....	126
Tabela 74: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão (Fonte: INMG/LNEC).....	127
Tabela 75: Requisitos de Avaliação da Envolvente opaca.....	128
Tabela 76: Requisitos de Avaliação da Envolvente envidraçados	128
Tabela 77: Temperatura da água e condições de conforto térmico das piscinas	130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A_p	Área interior útil de pavimento [m^2];
ADENE	Agência para a Energia;
AIE	Agência Internacional de Energia;
AQS	Água Quente Sanitária;
AREAC	Agência Regional, Energia e Ambiente do Centro;
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
BTE	Baixa Tensão Especial;
CE	Certificado Energético;
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão;
COP	Coefficiente de Desempenho (Para sistema de aquecimento);
COP21	Conferências das Partes (Acordo de Paris);
DEE	Desempenho Energético dos Edifícios;
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia;
DPI_{inst}	Densidade de Potência de Iluminação Instalada no Espaço;
$DPI_{100\text{ lx,máx}}$	Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lux;
ΔT	Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS, assumindo o valor fixo de 35°C;
e	Espessura;
$\bar{E}_{m\ req}$	Iluminância média requerida no espaço;
EER	Rácio de Eficiência Energética (Para sistema de arrefecimento);
ELPRE	Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios;
ENU	Espaço Não Útil;
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i> ;
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos;
f_{eh}	Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiro ou sistemas de duche;
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia j, excluindo renovável [kWh_{EP}/kWh];
GEE	Gases Efeito de Estufa;
GES	Grande Edifício de Comercio e Serviços;
GNL	Gás Natural Liquefeito;
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito;
GWh	Gigawatt-hora;
IEE	Indicador de Eficiência Energética;
IEE_{pr}	Indicador de Eficiência Energética Previsto;
IEE_{ef}	Indicador de Eficiência Energética Efetivo;
IEE_{ref}	Indicador de Eficiência Energética de Referência;
INE	Instituto Nacional de Estatística;
INMG	Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica;
kWh	Quilowatt-hora;
kWh_{EP}	Quilowatt-hora de Energia Primária;

kWh_{EF}	Quilowatt-hora de Energia Final;
λ	Condutibilidade térmica do material;
LED	Díodo Emissor de Luz;
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
M_{AQS}	Consumo médio diário de referência [litros];
N_t	Necessidade nominais anuais de energia primária de referência;
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária;
N_i	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência [kWh/m ² .ano];
N_v	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência [kWh/m ² .ano];
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;
NPA	Nível de Percentil Anual;
NPE	Níveis de Percentis Estacionais;
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i> ;
PCE	Pré-certificado Energético;
PIB	Produto Interno Bruto;
PNEC 2030	Plano Nacional Energia e Clima até 2030;
PRI	Período de Retorno do Investimento (<i>Payback</i>)
Q_a	Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];
PRE	Plano de Racionalização Energética;
R	Resistência térmica do material;
R_{Nt}	Rácio de classe energética em edifícios de habitação;
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
RCM	Resolução do Conselho de Ministros;
RECS	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios Comercio e Serviços;
REH	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios Habitação;
RNC 2050	Roteiro para Neutralidade Carbónica até 2050;
SACE	Sistemas de Automatização e Controlo do Edifício;
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;
UE	União Europeia;
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas;
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow</i> (Volume de refrigeração variável);
XPS	Poliestireno Expandido Extrudido;

1. INTRODUÇÃO

1.1. Delimitação do Tema

As alterações climáticas devido ao aquecimento global, causadas pela poluição de atmosfera com emissões de gases de efeito de estufa [GEE] proveniente dos processos industriais, transportes, utilização de energias fósseis em diversos setores de atividade, queima de resíduos, têm gerado muitas preocupações na comunidade internacional. Várias medidas vêm sendo tomadas ao longo dos anos para minimizar a quantidade das emissões de dióxido de carbono [CO_2] e reduzir o impacto negativo para o meio ambiente e para os seres vivos na Terra. Uma das medidas implementadas foi o protocolo de Quioto que entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, onde o objetivo era de reduzir a temperatura global do planeta entre 1,4°C e 5,8°C até 2100 por via da redução de emissões de CO_2 com a participação dos países desenvolvidos que faziam parte desse protocolo.

Tendo em conta as preocupações mundiais em continuar na luta para redução das emissões de CO_2 no planeta, surgiu o mais recente chamado “Acordo de Paris sobre Alterações Climáticas”, que entrou em vigor em 4 de novembro de 2016, em que todos os países membro da União Europeia [UE] apoiam firmemente o Acordo de Paris e o seu objetivo de manter o aquecimento global em níveis seguros, tornando a UE na primeira economia e sociedade com impacto neutro no clima até 2050. Com um objetivo a longo prazo, os governos acordaram em manter o aumento da temperatura média mundial bem abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e em empregar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C.

Para responder a este desafio e dar cumprimento aos objetivos da descarbonização e da transição energética, social e económica, Portugal assumiu o compromisso de atingir a neutralidade carbónica até 2050. Este compromisso posicionou o país entre os que assumem a liderança no combate às alterações climáticas. o âmbito do Acordo de Paris e procedeu-se à elaboração e aprovação, em articulação com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 [RNC 2050], do Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 [PNEC 2030], que estabelece as metas e objetivos, e concretiza as políticas e medidas para o horizonte de 2030, em concreto, para a redução de emissões de GEE (-45% a -55%, face a 2005), reforço da eficiência energética (35% redução do consumo de energia primária)

e aumento da incorporação de energias renováveis (47% de renováveis no consumo final bruto de energia) ^[1].

Considerando o desafio mundial na redução da taxa de emissões de CO_2 por via da eficiência energética, o objetivo de Portugal em cumprimento das metas de neutralidade carbono, principalmente por via da eficiência energética e aumento de incorporação de energias renováveis, assim como o objetivo do meu curso de mestrado em Engenharia e Gestão de Energias na Indústria e Edifícios, e também o meu objetivo pessoal, surgiu o interesse de abordar o tema deste projeto: “Estudo de Eficiência Energética do Condomínio Tagus Bay Localizado em Alcochete – Setúbal – Portugal: Simulação Energética e Propostas de Melhoria para Otimização do Consumo de Energia”.

1.2.Problematização

Constata-se que o uso da energia sob as suas diversas formas tornou-se indispensável no nosso dia-a-dia e o seu consumo *per capita* mundial tem aumentado ano após ano, e a cada dia que passa torna-se quase impossível imaginar a vida na Terra sem a energia. Faço referência à energia usada para a climatização dos edifícios, iluminação, conservação e preparação dos alimentos, água quente sanitária [AQS], energia usada nos meios de transportes, indústrias transformadoras, tecnologias de telecomunicações e demais consumidores de energia existentes.

O uso da energia tem demonstrado a sua grande utilidade ao longo dos anos, mas também está associada a grandes riscos e preocupações mundiais, principalmente porque para muitos casos de uso da energia final, o homem faz uso de energia primária que vem de fontes de energias fósseis e estes recursos acabam por poluir a atmosfera com emissões de gases poluentes como CO_2 causando o aquecimento global do planeta que põe em risco a continuidade da vida na Terra. Um outro motivo de preocupação com o uso de energias fósseis é por ser um tipo de energia esgotável e o seu fim representa uma grande ameaça para a humanidade, razão pela qual deve-se fazer o uso com moderação.

O uso de energia de forma moderada e amigo do ambiente é uma questão de alta importância e dificuldade a nível internacional, exigindo muitas medidas que vão desde a sensibilização das pessoas, ao uso de energias de fontes renováveis e aplicação das medidas de eficiência energética.

No caso de Portugal, entre os principais vetores de descarbonização e linhas de atuação para uma sociedade neutra em carbono estabelecidos no âmbito do RNC 2050, encontra-se a promoção da descarbonização no setor residencial, privilegiando a reabilitação urbana e o aumento da eficiência energética nos edifícios, fomentando uma progressiva eletrificação do setor e o uso de equipamentos mais eficientes, e combatendo a pobreza energética, assim como a promoção de uma transição justa e coesa, que valorize o território, crie riqueza, promova o emprego e contribua para elevar os padrões de qualidade de vida em Portugal ^[1].

Com base no exposto, levanta-se a seguinte problematização: Como é que a implementação das medidas de eficiência energética nos edifícios pode contribuir para a descarbonização do setor residencial, combater a pobreza energética e melhorar o padrão da qualidade de vida das pessoas?

1.3.Hipótese de Estudo

Este projeto de estudo de caso prático sobre a modelação energética do Condomínio Tagus Bay em Alcochete - Setúbal parte do pressuposto que um edifício construído desde raiz com medidas de eficiência energética passiva baseada em tecnologia de construção e arquitetura bioclimáticas terá melhor aproveitamento energético passivo, enquanto que num edifício remodelado o seu aproveitamento energético passivo será menor e com algumas limitações. De salientar ainda que, neste edifício em estudo, existem medidas de melhorias de consumo energético que poderão beneficiar significativamente os moradores e contribuir positivamente para a redução de consumo energético do condomínio. Estas medidas podem ser obtidas atuando sobre a gestão de funcionamento dos equipamentos, o sistema AVAC, a climatização da piscina e a iluminação. Consequentemente, como resultado dessas melhorias haverá a poupança no consumo de energia, poupança monetária para a gestão do condomínio com reflexo direto nos moradores e a redução das emissões de CO_2 , tornando o Condomínio Tagus Bay mais sustentável e ecológico.

1.4.Contextualização e Justificação do Tema

No contexto em que vivemos atualmente, com fenómenos de aquecimento global por causa de emissões de gases com efeito de estufa derivado de uso de combustíveis fósseis para obtenção da energia final ou da energia útil, considerando a preocupação mundial na redução de emissões de CO_2 e redução da dependência de combustíveis fósseis principalmente dos países que não dispõem desses recursos naturais, o uso das energias renováveis e eficiência energética tornou-se primordial na luta para esses objetivos energéticos e climáticos.

De acordo com a publicação em 2023 da Agência Internacional de Energia [AIE], a parcela do carvão, do petróleo e do gás natural no fornecimento global de energia, que esteve estagnada durante décadas em torno dos 80%, começa a diminuir e irá atingir os 73% até 2030 e considera-se como uma mudança importante. No entanto, se a demanda por esses combustíveis fósseis permanecer num nível elevado, como tem sido o caso do carvão nos últimos anos, isto não será suficiente para alcançar os objetivos climáticos globais ^[2].

Nos últimos dez anos, a China foi responsável por quase dois terços do aumento da utilização mundial de petróleo, quase um terço do aumento do gás natural, e tem sido o *player* dominante nos mercados de carvão. Porém, é amplamente reconhecido, inclusive pela liderança do país, que a economia da China está atingindo um ponto de inflexão. A China também é uma potência de energia limpa, respondendo por cerca de metade das adições de energia eólica e solar e bem mais da metade das vendas globais de veículos elétricos em 2022 ^[3].

O crescimento médio do PIB da China será de pouco menos de 4% ao ano até 2030. Isso resulta em um pico na demanda total de energia por volta da metade desta década, com a expansão robusta da energia limpa fazendo com que a demanda global de combustíveis fósseis e as emissões apresentem um declínio. Se o crescimento a curto prazo da China abrandasse mais um ponto percentual, isso reduziria a demanda de carvão em 2030 em um valor quase igual ao volume atualmente consumido por toda a Europa. Os volumes de importação de petróleo diminuiriam 5% e as importações de GNL em mais de 20%, com implicações importantes para os equilíbrios globais ^[3].

Existem políticas e tecnologias bem comprovadas para alinhar os objetivos de segurança energética e sustentabilidade, acelerar o ritmo da mudança nesta década e

manter a viabilidade do caminho para 1,5°C. As principais ações necessárias para inclinar para baixo a curva de emissões até 2030 são amplamente conhecidas e, na maioria dos casos, muito económicas. Por exemplo, triplicar a capacidade de energia renovável, duplicar o ritmo do ganho de eficiência energética para 4% ao ano, aumentar a eletrificação e reduzir as emissões de metano provenientes de operações de combustíveis fósseis, em conjunto, proporcionam mais de 80% das reduções de emissões necessárias até 2030 para colocar o setor energético no caminho certo para limitar o aquecimento a 1,5°C^[3].

Portugal comprometeu-se, em 2016, a assegurar a neutralidade das suas emissões até ao final de 2050, traçando uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional, enquanto contributo para o Acordo de Paris e em consonância com os esforços em curso a nível internacional.

Com o objetivo de concretizar as políticas e as medidas necessárias para alcançar as metas estabelecidas para a próxima década, e em alinhamento com o RNC 2050, Portugal submeteu à Comissão Europeia, no final de 2020, a versão final do seu Plano Nacional Energia e Clima para o horizonte 2021-2030 (PNEC 2030) ^[1].

O PNEC 2030 assume-se como o principal instrumento de política energética e climática nacional até 2030 e a sua concretização permite a Portugal assumir o compromisso da transição energética enquanto alavanca de competitividade, com o objetivo de reduzir as suas emissões de GEE, traçando uma estratégia e um conjunto de objetivos que ajudam a consolidar uma trajetória rumo a um futuro neutro em carbono e que possibilite consolidar uma economia nacional competitiva, resiliente e cada vez mais de baixo carbono. Neste âmbito, foram apresentadas metas para a década 2021-2030, nomeadamente a de redução das emissões de GEE (-45% a -55% em 2030 face a 2005), incorporação de fontes renováveis no consumo final de energia (47% em 2030), redução da dependência energética do exterior (65% em 2030) e redução do consumo de energia primária (35% em 2030) ^[1].

Entre os principais vetores de descarbonização e linhas de atuação para uma sociedade neutra em carbono estabelecidos no âmbito do RNC 2050, encontra-se a promoção da descarbonização no setor residencial, privilegiando a reabilitação urbana e o aumento da eficiência energética nos edifícios (...) ^[1].

Com base no exposto, surgiu o interesse de abordar o tema deste projeto sobre: Estudo de Eficiência Energética do Condomínio Tagus Bay Localizado em Alcochete – Setúbal – Portugal: Simulação Energética e Propostas de Melhoria para Otimização do Consumo de Energia e pretende-se com este projeto explorar o conceito de eficiência energética nos edifícios, com o objetivo de se conscientizar dos benefícios da eficiência energética no edifício e o seu impacto na redução de custo da faturação energética e redução da taxa de emissões de CO_2 .

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo Geral

Com este projeto pretende-se elaborar um estudo de caso sobre eficiência energética no condomínio Tagus Bay em Alcochete – Setúbal, fazendo a simulação energética no software *Design Builder* e realizar as inspeções aos sistemas técnicos dos serviços comuns, incluindo a iluminação e o aquecimento das piscinas para identificar pontos de melhorias da otimização do consumo de energia que podem proporcionar resultados positivos na redução da faturação e redução da taxa de emissões de CO_2 .

1.5.2. Objetivos Específicos

- 1- Entender o conceito geral da eficiência energética dos edifícios em Portugal;
- 2- Analisar a situação energética atual do condomínio Tagus Bay em Alcochete – Setúbal – Portugal;
- 3- Elaborar a Simulação Energética do Condomínio Tagus Bay, usando o *Software Design Builder* e com interesse nos apartamentos do Bloco D;
- 4- Inspeção aos sistemas técnicos do serviço comum, incluindo iluminação do parque no Piso -1, iluminação do jardim e aquecimento das piscinas descobertas no exterior e identificar propostas de melhorias para otimização de consumo de energia, redução da faturação e redução da taxa das emissões de CO_2 .

1.6.Estrutura da Dissertação

Este projeto está estruturado da seguinte forma: na primeira parte, considerada como a introdução, foi feita a delimitação do tema “Estudo de Eficiência Energética do Condomínio Tagus Bay localizado em Alcochete – Setúbal – Portugal: Simulação Energética e Proposta de Melhoria para Otimização de Consumo de Energia”. Na sequência foi apresentada a problematização que inspira a elaboração deste trabalho e a seguir, a hipótese de estudo que, com base nos conhecimentos gerais sobre esta temática, permitiu apresentar possíveis soluções ao problema mencionado no capítulo anterior. Em seguida foram apresentadas a contextualização e a justificação do tema onde foi apresentada a motivação da escolha deste tema, os benefícios da sua aplicação para o setor energético e para o mundo. Posteriormente, foram apresentados, primeiramente, o objetivo geral e os objetivos específicos. No primeiro é descrito o ponto macro a ser alcançado com este estudo e o segundo consiste na apresentação das etapas que deverão ser seguidas a fim de dar resposta ao objetivo geral. Finalmente, foi abordada a metodologia onde foram descritas as técnicas utilizadas e os recursos para concretização deste estudo.

O Desenvolvimento deste projeto foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro a fundamentação teórica sobre a eficiência energética nos edifícios. Neste capítulo foram abordados os conceitos para obtenção da eficiência energética nos edifícios em Portugal fazendo uso das bibliografias, documentações e legislações nacional e da União Europeia, também foram usados dados estatísticos nacionais e internacionais sobre a energia, para além da consulta das dissertações de mestrados e teses de doutoramentos sobre esta temática, a fim de extrair a máxima informação sobre esta matéria. O segundo capítulo constituiu um estudo de caso prático sobre eficiência energética do condomínio Tagus Bay localizado em Alcochete – Setúbal, fazendo uso do software *Design Builder* para simulação energética e com maior interesse nos apartamentos do Bloco D. Neste mesmo capítulo foi feita a inspeção aos sistemas técnicos de serviços comuns, incluindo iluminação do parque no Piso -1, iluminação do jardim e aquecimento das piscinas descobertas no exterior, com finalidade de apresentar as propostas de melhorias para otimização do consumo de energia.

Por fim, foram abordadas as considerações finais com os resultados alcançados neste estudo, e propostas de trabalhos futuros sobre eficiência energética deste mesmo

condomínio, e a seguir as referências bibliográficas consultadas para suportar o trabalho e apêndices com documentações relevantes e detalhadas para consultas.

1.7. Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho é do tipo exploratório, baseada no estudo de caso prático, onde é usado um condomínio já existente para se fazer a análise da eficiência energética a fim de perceber os pontos de melhoria de consumo energético. Para se poder efetuar a análise da eficiência energética procede-se primeiramente com pesquisas bibliográficas, análise de documentações e dados estatísticos nacionais e internacionais sobre as temáticas de energia. Também foi necessária a consulta das legislações em vigor na matéria de energia para auxiliar no enquadramento dos requisitos legais da eficiência energética. De salientar ainda que, para uma melhor análise dos parâmetros térmicos da construção e análise de consumo de energia, fez-se uso do *Software Design Builder* que permitiu fazer a simulação energética após ter criado a geometria da construção e parametrização dos elementos construtivos da envolvente, com base nos dados climáticos oficiais e em vigor no país. Depois de ter executado todas essas etapas no *Design Builder* foi possível extrair um conjunto de informações, tais como a necessidade anual de energia útil para aquecimento e para arrefecimento. Também foi feita a inspeção do sistema técnico dos serviços comuns do condomínio, tais como a iluminação do parque no Piso -1, a iluminação do jardim e o sistema de aquecimento das piscinas exteriores cobertas, para identificar medidas de melhorias e redução de consumo energético e emissões de CO_2 , assim como outras informações úteis para análise dos resultados deste trabalho e concretização do objetivo delineado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS EM PORTUGAL

2.1. Enquadramento sobre Descarbonização do Planeta e Transição Energética

Uma vida saudável na Terra para todos os seres humanos e todos seres vivos depende de vários fatores. Um fator muito importante e fundamental do qual todos dependem é a qualidade do ar que se respira e o clima no qual vivemos. Estes devem ser adequados ao nosso organismo para garantir a vida, mas infelizmente as atividades humanas na terra tem gerado muita poluição desde o início da revolução industrial, onde

o uso de combustíveis fósseis era a fonte principal da energia para todos os tipos de atividades desenvolvidas pelo homem. O uso de combustíveis fósseis emite os gases dos quais o CO_2 que tem poluído o ar, o meio ambiente, inclusive o mais grave, que é a destruição da camada de ozônio, responsável pela proteção do planeta contra aquecimento por efeito de estufa.

Tendo em conta todos esses fenômenos de poluição ao longo das décadas e os danos ambientais notáveis, a comunidade científica internacional identificou danos da camada de ozônio e percepção do aquecimento global causados por efeito de estufa derivado das poluições com emissões de CO_2 . Este fenômeno de poluição e destruição ambiental que põem em risco a continuidade de vida na Terra tornou-se uma grande preocupação da comunidade internacional e deu origem a vários encontros dos grandes líderes políticos mundiais com propósito de buscar as soluções conjuntas na luta para minimizar as emissões de CO_2 e proteger o planeta e a vida na terra.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, expressou o consenso internacional ao abordar o problema das mudanças climáticas. Durante a sua realização foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), assinada inicialmente por 166 países e que finalmente entrou em vigor no dia 21 de março de 1994 e foi ratificada por 197 países ^[4].

Da implementação do UNFCCC resultou o Protocolo de Quioto, sendo o primeiro compromisso de âmbito global para tentar reduzir as emissões responsáveis pelo aquecimento global, que alicerçou as bases para futuros acordos internacionais sobre as mudanças climáticas. Apesar do Protocolo ter sido assinado em 16 de março de 1998, sua entrada em vigor não ocorreu até 16 de fevereiro de 2005 ^[4].

Após o Protocolo de Quioto, surgiram vários outros acordos e conferências internacionais na luta pela redução das emissões de CO_2 , como se pode constatar na Figura 1:

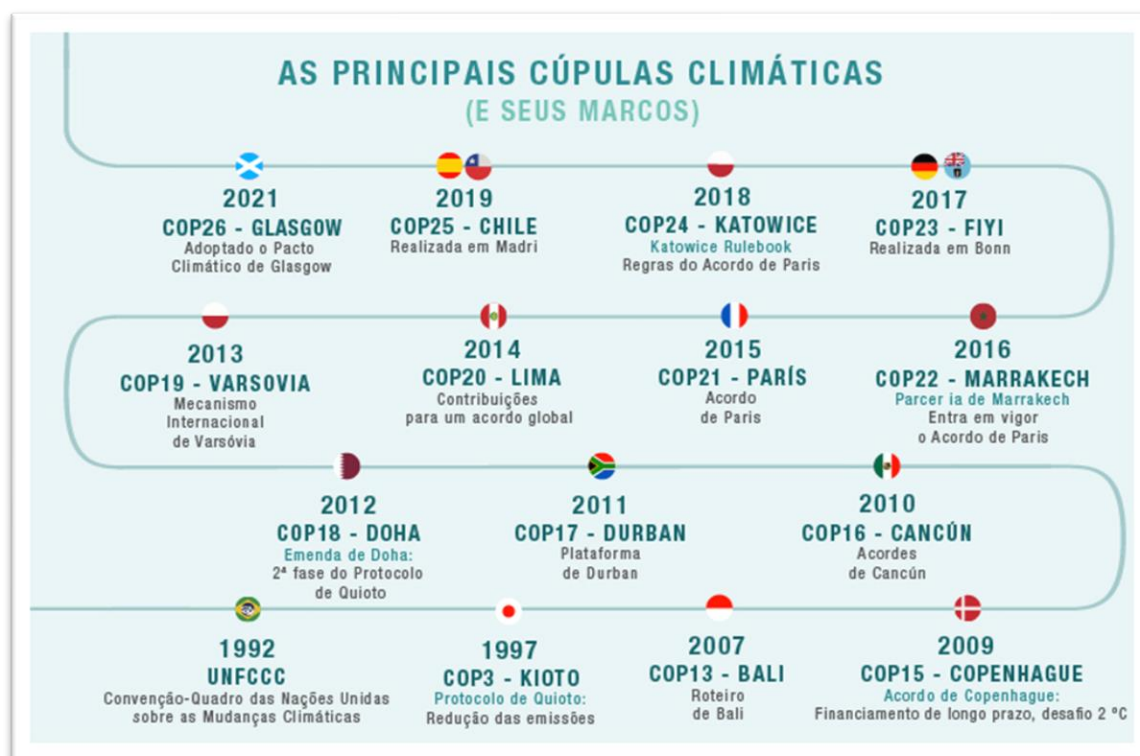


Figura 1: As principais cúpulas de ação climática e seus marcos (Fonte: Iberdrola).

Destes protocolos surgiu um dos objetivos que é o de limitar o aumento da temperatura global abaixo de 2°C em relação ao nível da era pré-industrial, deixando uma margem para ampliar tal meta a 1,5°C. Também surgiram vários outros objetivos e incentivos de financiamentos dos projetos climáticos na luta pela redução da poluição.

No dia 12 de dezembro de 2015 foi aprovado o texto do Acordo de Paris, um pacto com força legal que contém todos os elementos necessários para construir uma estratégia mundial de luta contra as mudanças climáticas para o período pós-2020, enquanto o período anterior a 2020 foi coberto pela segunda fase do Protocolo de Quioto (Emenda de Doha). Também foram estipuladas as contribuições nacionais que obrigam todos os países signatários a apresentarem Contribuições Climáticas Nacionais que deverão ser atualizadas periodicamente, aumentando o nível de ambição de forma progressiva a fim de atingir o objetivo definido no longo prazo.

A implementação do Acordo de Paris foi sendo realizada ao longo dos últimos anos, tendo como um dos principais marcos a aprovação do Livro de Regras do Acordo de Paris designado de *Katowice Rulebook* durante a Cúpula do Clima de Katowice (COP 24). Este documento permite, entre outras coisas, tornar operacionais e comparáveis, em

termos homogêneos, as diferentes informações e compromissos, estabelecer a governança de cumprimento do Acordo, desenvolver a metodologia de diagnóstico global, reforçar a adaptação e a transferência de tecnologias e promover negociações com o objetivo de conseguir financiamento climático para 2025 ^[4].

2.1.1. As Metas Climáticas da UE e o Pacto Ecológico Europeu

De acordo com a publicação do Parlamento Europeu no âmbito do pacote “Objetivo 55” relativo a 2030 atualizado no dia 14 de dezembro de 2023, para combater as alterações climáticas, o Parlamento Europeu aprovou a Lei Europeia do Clima, que aumenta a meta da União Europeia de redução de emissões líquidas de gases com efeito de estufa para, pelo menos 55% até 2030 (dos atuais 40%) e torna juridicamente vinculativa a meta de neutralidade climática até 2050 ^[5].

A Lei do Clima faz parte do Pacto Ecológico Europeu, o roteiro da União Europeia rumo à neutralidade climática. Para cumprir esta meta climática a UE lançou um pacote ambicioso de legislação conhecido como “*Fit for 55 in 2030*” (ou “Objetivo 55” relativo a meta até 2050), e que com a revisão de várias leis interligadas e de novas propostas de leis em matéria de clima e energia.

A União Europeia implementou o regime de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) que é o maior mercado de carbono do mundo. Regula perto de 40% das emissões totais de gases com efeito de estufa da UE e cobre aproximadamente 11 mil centrais elétricas e fábricas e visa reduzir as emissões de carbono CO_2 da indústria ao exigir às empresas que possuam uma licença de autorização por cada tonelada de CO_2 que emitam. As empresas têm de adquirir estas licenças através de leilões, existindo alguns incentivos para estimular a inovação no setor ^[5].

2.1.2. Transição Energética e Eficiência Energética na UE

Tendo em conta todos os fenómenos de emissões de CO_2 , a UE vem implementando várias medidas para mitigar esse fenómeno, por além dos acordos já citados nos parágrafos anteriores, também houve atuação a nível tecnológico para uma transição energética ao uso de energias limpas, que substitui o uso de energias fósseis para energias renováveis, com usos de energias eólico, solar, hidroelétrica, energias das marés, hidrogénio, entre outras.

No que tange à transição energética, o Parlamento e o Conselho concordaram que o óleo de cozinha usado, o combustível sintético ou mesmo hidrogénio se devem tornar gradualmente a norma para o combustível usado na aviação. Querem ainda que os prestadores de energia comecem a fornecer combustível sustentável a partir de 2025, devendo esta passar a ser responsável por 70% de todo o combustível da aviação nos aeroportos da UE até 2050 ^[5].

Os veículos com motores a combustão de combustíveis fósseis já estão gradualmente a serem eliminados do mercado, em substituição pelos veículos elétricos com zero emissão de CO_2 e uma das preocupações a esta tomada de decisão é que de acordo com os dados da UE, os automóveis de passageiros e os veículos comerciais produzem 15% das emissões de CO_2 na UE.

Em junho de 2022, o Parlamento Europeu aceitou a proposta da Comissão Europeia relativa a alcançar uma mobilidade rodoviária com zero emissões de CO_2 até 2050 no que refere aos automóveis novos de passageiros e veículos comerciais ligeiros, sendo que a redução de emissões intermédias para 2030 poderia ser fixada em 55% para os automóveis e 50% para as carrinhas.

O desenvolvimento de fontes de energia limpas como alternativas aos combustíveis fósseis também ajudará a UE a reduzir as emissões.

De acordo com os dados divulgados da Eurostat, a energia renovável foi a principal fonte de eletricidade na UE, respondendo por 44,7% de toda a produção de eletricidade. As energias renováveis geram 1,21 milhões de Gigawatt-hora (GWh), marcando um aumento de 12,4% em comparação com 2022 ^[6].

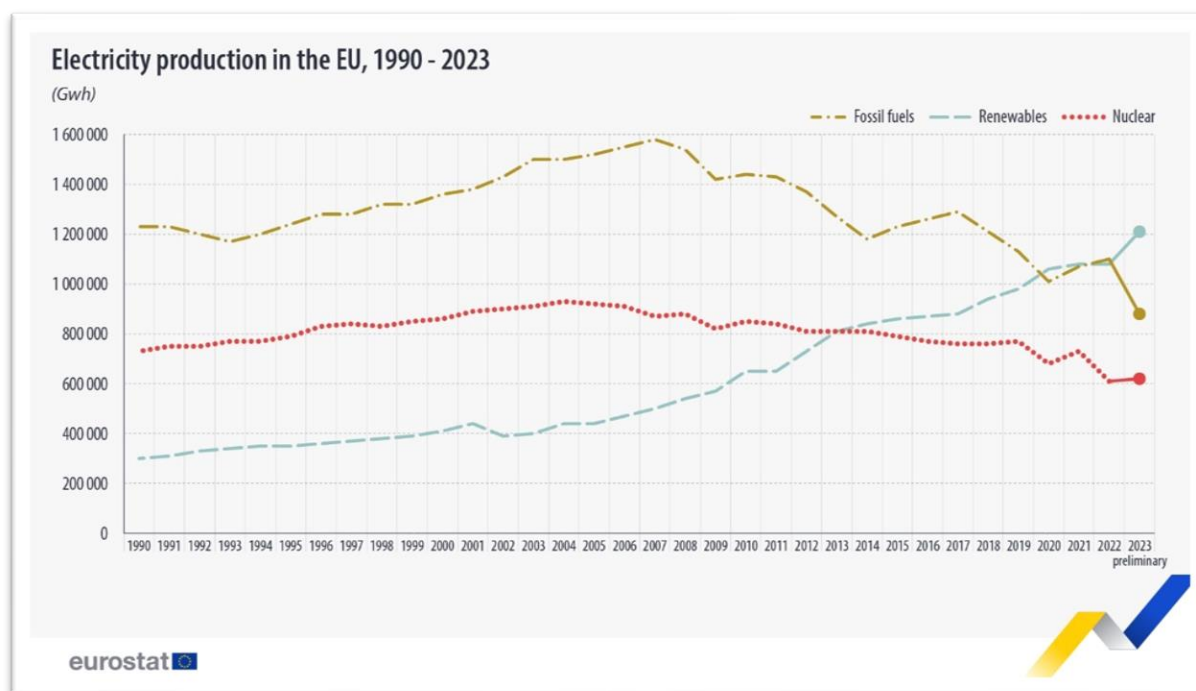


Figura 2: Fonte de energia usada na produção de eletricidade na UE entre 1990 a 2023 (Fonte - Eurostat 2023).

Por outro lado, de acordo com Figura 2, a eletricidade gerada a partir de combustíveis fósseis diminuiu 19,7% em comparação com o ano anterior, contribuindo com 0,88 milhões de GWh, ou 32,5% da produção total de eletricidade. As usinas nucleares produziram 0,62 milhões de GWh ou 22,8% da produção de energia da UE, refletindo um aumento de 1,2% na produção em 2023.

Em setembro de 2023, o Parlamento apoiou um acordo para impulsionar a implantação das energias renováveis, em consonância com o Pacto Ecológico e os esforços para reduzir a dependência da energia russa. As novas regras visam aumentar a quota de energias renováveis no consumo final de energia da UE para 42,5% até 2030, enquanto os países da UE devem ter como objetivo 45%.

No que diz respeito à eficiência energética na UE, várias medidas vêm sendo tomadas no sentido de reduzir o consumo de energia que implica diretamente na redução da emissão de CO_2 . Em julho de 2023, o Parlamento aprovou novas regras para impulsionar a poupança de energia. Os Estados-Membros da UE devem assegurar coletivamente uma redução do consumo de energia de, pelo menos, 11,7% a nível da UE até 2030 (em comparação com as projeções de 2020 para o consumo de energia em 2030).

Até ao final de 2030, os países deverão também registrar uma poupança anual de energia em média de 1,5% ^[5].

A UE considera que os edifícios têm um potencial enorme para melhorar ainda mais a eficiência energética, e a renovação dos edifícios representa um contributo essencial e de longo prazo, num contexto de economias de escala, para o aumento das economias de energia ^[7].

Atualmente, a climatização dos edifícios representam 40% de toda a energia consumida na UE. O Parlamento está a trabalhar em regras para o desempenho energético dos edifícios com o objetivo de atingir um parque imobiliário com zero emissão até 2050. Estas regras incluem:

- Estratégias de renovação;
- A Exigência de todos os novos edifícios da UE produzirem zero emissões a partir de 2030;
- A Instalação de painéis solares em novos edifícios.

A energia produzida nos edifícios a partir de tecnologias de energia renovável reduz a quantidade de energia proveniente de combustíveis fósseis. A redução do consumo de energia e a utilização de energia de fontes renováveis nos edifícios constituem medidas importantes para reduzir a dependência energética e as emissões de gases com efeito de estufa da UE, em especial tendo em conta os objetivos ambiciosos em matéria de clima e energia fixados para 2030, assim como o compromisso global assumido no âmbito do Acordo de Paris. Para efeitos da sua obrigação de economias de energias cumulativas, os Estados-Membros poderão ter em conta, se for caso disso, as economias de energia de fontes renováveis produzida sobre ou nos edifícios para consumo próprio a fim de cumprirem os respetivos requisitos de economia de energia ^[7].

Com base no exposto, entende-se que existe um grande interesse da comunidade internacional na luta para garantir a neutralidade carbono no mundo, com uma forte participação da UE que atualmente tem uma grande motivação, estratégias e planos de ação implementados, e com grande aposta na eficiência energética dos edifícios e o uso das energias renováveis que apresentam resultados significativos, pondo a UE como uma referência na luta pela descarbonização do planeta.

2.1.3. Panorama Nacional sobre Descarbonização

Portugal comprometeu-se em 2016, a assegurar a neutralidade das suas emissões até ao final de 2050, traçando uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional, enquanto contributo para o Acordo de Paris e em consonância com os esforços em curso a nível internacional. Para concretizar este objetivo, foi aprovado o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros [RCM] n.º 107/2019, de 1 de julho de 2019, que constituiu a estratégia de desenvolvimento a longo prazo com baixas emissões de Gases com Efeito de Estufa submetida à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas a 20 de setembro de 2019, o qual identifica os principais vetores de descarbonização, e linhas de atuação a prosseguir rumo a uma sociedade neutra em carbono em 2050 ^[1].

Entre os principais vetores de descarbonização e linhas de atuação para uma sociedade neutra em carbono estabelecidos no âmbito do RNC 2050, encontra-se a promoção da descarbonização no setor residencial, privilegiando a reabilitação urbana e o aumento da eficiência energética nos edifícios, fomentando uma progressiva eletrificação do setor e o uso de equipamentos mais eficientes, e combatendo a pobreza energética, assim como a promoção de uma transição justa e coesa, que valorize o território, crie riqueza, promova o emprego e contribua para elevar os padrões de qualidade de vida em Portugal ^[1].

Com o objetivo de concretizar as políticas e as medidas necessárias para alcançar as metas estabelecidas para a próxima década, e em alinhamento com o RNC 2050, Portugal submeteu à Comissão Europeia, no final de 2020, a versão final do seu Plano Nacional Energia e Clima para o horizonte 2021-2030 [PNEC 2030], posteriormente aprovado através da RCM n.º 53/2020, de 10 de julho. O PNEC 2030 assume-se como o principal instrumento de política energética e climática nacional até 2030 e a sua concretização permite a Portugal assumir o compromisso da transição energética enquanto alavanca de competitividade, com o objetivo de reduzir as suas emissões de GEE, traçando uma estratégia e um conjunto de objetivos que ajudam a consolidar uma trajetória rumo a um futuro neutro em carbono e que possibilite consolidar uma economia nacional competitiva, resiliente e cada vez mais de baixo carbono. Neste âmbito, foram apresentadas metas para a década 2021-2030, nomeadamente a de redução das emissões de GEE (-45% a -55% em 2030 face a 2005), incorporação de fontes renováveis no

consumo final de energia (47% em 2030), redução da dependência energética do exterior (65% em 2030) e redução do consumo de energia primária (35% em 2030) ^[1].

Assume-se que a transição energética não pode acentuar a pobreza energética. Estas situações devem ser identificadas e obviadas através de medidas dirigidas, sobretudo, para a reabilitação urbana, para a promoção da eficiência energética nos edifícios. Estas devem ser igualmente focadas em medidas de isolamento e da redução da dependência de combustíveis fósseis. Neste sentido, a aposta na produção descentralizada de eletricidade baseada em comunidades de energia renovável e a valorização de sistemas coletivos podem ter um papel muito relevante na atenuação dos custos com a energia ^[1].

“Mais recentemente, o Governo aprovou a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios [ELPRE], publicada através da RCM n.º 8-A/2021, de 3 de fevereiro, que tem como principal objetivo obter um parque de edifícios descarbonizado e de elevada eficiência energética, mediante a transformação dos edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas de energia (*Nearly Zero Energy Building* - NZEB)” ^[1].

Portugal tem dado grandes exemplos na luta pela descarbonização do planeta e com grandes apostas na eficiência energética dos edifícios, tanto de habitação como de comércio e serviços. Para um melhor entendimento da eficiência energética nos edifícios em Portugal, este assunto será abordado com mais detalhes nos próximos capítulos deste trabalho.

2.2. Eficiência Energética dos Edifícios em Portugal

2.2.1. Definição da Eficiência Energética

A ISO 50001, ao estabelecer os requisitos para um sistema de gestão de energia, tem como principal objetivo permitir às organizações estabelecer os sistemas e processos necessários para melhorar o seu desempenho energético global, incluindo a utilização, consumo e eficiência energética.

A Eficiência Energética é definida na norma ISO 50001 como:

Rácio ou outra relação quantitativa entre um desempenho, serviço, bem ou energia e um consumo de energia. Por exemplo:

- Relação energia necessária / energia utilizada;
- Relação entre o resultado / energia consumida;
- Relação entre a energia teoricamente necessária à operação / energia consumida na operação;

Ou seja, como podemos ter mais gastando menos.

“Na verdade, ser eficiente não significa simplesmente «gastar menos». É na relação entre o que produzimos (que pode ser mais e necessariamente o consumo energético associado também) e o que para isso gastamos, que a questão da eficiência energética se coloca” ^[8].

A Eficiência Energética é uma atividade que procura melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização ^[9].

Entende-se que o conceito da eficiência energética busca sempre usar a menor quantidade de energia e produzir a mesma quantidade de trabalho ou resultado que produziria com uma quantidade padrão de energia.

Ao aplicarmos o conceito de eficiência energética nos edifícios de habitação ou edifícios de comércio e serviços, para além de existir a preocupação em gastar menor quantidade de energia, surgem outras preocupações que são de garantir o melhor conforto tendo em conta o arrefecimento, aquecimento, a iluminação e a qualidade do ar interior. Além desses aspetos, deve-se também considerar o tipo de energia para suprir as necessidades, dando preferência às energias renováveis.

2.2.2. Princípios Gerais da Eficiência Energética

De acordo com o Projeto Eficiência Energética Solidária ^[10], promovido pela Agência Regional, Energia e Ambiente do Centro [AREAC] e financiado pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos [ERSE], considera-se que a Eficiência energética

tem o objetivo de melhorar o uso de energia, e este passa por promover a utilização de energia de modo eficiente. Passa por reduzir desperdícios sem colocar em causa a eficácia de determinado uso de energia.

Neste mesmo estudo é considerado que a eficiência energética está intimamente ligada ao conceito de gestão de energia. A gestão de energia tem implícito o conceito de eficiência energética, não tendo pura e simplesmente o intuito de reduzir o consumo, mas sim de poupar através de um uso mais eficiente da energia. Pretende-se com a implementação de projetos de eficiência energética identificar os consumos de energia e a eficiência energética dos equipamentos instalados para delinear planos que visem reduzir os consumos ou perdas sem afetar a normal utilização da Instituição. O objetivo final é:

- Promover a eficiência: mesmo serviço com menor consumo;
- Redução da fatura energética;
- Aumento da produtividade libertando meios financeiros para outros fins;
- Reduzir o impacto ambiental.

2.2.3. Panorama Energético dos Edifícios de Habitação em Portugal

Em Portugal, existem atualmente cerca de 3,6 milhões de edifícios de habitação familiar clássica e um total de cerca de 6 milhões de alojamentos, dos quais, de acordo com o CENSOS 2021, cerca de 4 milhões de alojamentos são residência habitual, correspondente a cerca de 70 % do total de alojamentos familiares.

Relativamente ao nível do desempenho energético nos alojamentos, os primeiros requisitos para avaliar o comportamento térmico de edifícios de habitação e prevenir o seu sobreaquecimento e situações de patologia na construção foram introduzidos em Portugal em 1990. No ano de 2006, foi implementado o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [SCE], sistema este que permite avaliar o desempenho energético de um imóvel numa escala predefinida de oito classes, em que A+ é muito eficiente e F é muito pouco eficiente. O certificado energético é um instrumento de informação relevante sobre as necessidades de energia desse edifício para arrefecimento, aquecimento ambiente e aquecimento de água, assim como sobre as medidas de melhoria que podem ser implementadas para melhorar a classe energética existente ^[11].

De acordo com a informação existente, baseada em cerca de 1,7 milhões de certificados energéticos emitidos entre 2014 e 2022, apenas 17 % dos alojamentos se qualificam como muito eficiente, isto é, com uma classe de eficiência A e A+, e cerca de 66,3 % dos alojamentos certificados apresentam uma classe de eficiência C ou menos, conforme ilustra a Gráfico 1:

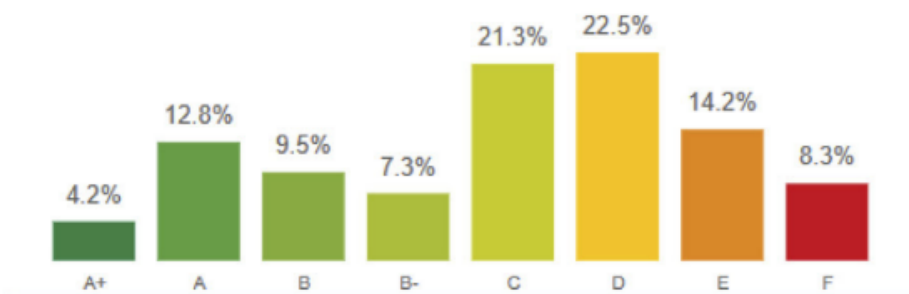


Gráfico 1: Desempenho energético para o setor residencial com base nas classes dos certificados energéticos emitidos até 2022 (fonte: ADENE, SCE)

De um modo geral, e dada a caracterização por via dos certificados energéticos, o parque nacional de edifícios existentes não apresenta capacidade de proporcionar condições de desempenho energético adequadas, nomeadamente aquelas associadas ao conforto térmico, ventilação e à boa qualidade do ar interior, podendo originar problemas de saúde nos seus ocupantes associados a estas patologias. Uma análise efetuada no âmbito da ELPRE permite reforçar esta realidade, concluindo que, à exceção dos edifícios multifamiliares construídos após o ano de 2016, os edifícios apresentam uma categoria IV de conforto, o que significa que o parque de edifícios existentes proporciona algum desconforto térmico em mais de 95 % das horas do ano.

De acordo com o Balanço Energético Anual 2021, o setor residencial representa cerca de 18,6 % do consumo total de energia final em Portugal, verificando-se uma taxa de crescimento média anual de 0,7 % na última década. Em termos de consumo final, a eletricidade representa 40 % do total da energia final consumida no setor residencial, seguido das renováveis, com 37 % (que, na sua grande maioria, diz respeito à utilização de biomassa), dos produtos de petróleo, com 13 % (que corresponde a um consumo principalmente de gás de petróleo liquefeito (GPL), e o gás natural, com 10 % ^[11].

Importa referir a importância da biomassa no consumo de energia nas habitações. Para além de ser um recurso renovável, é uma fonte energética de baixo custo, assente num princípio de economia circular pela utilização dos resíduos e produtos florestais

advenientes das atividades de limpeza/manutenção da floresta, preservando-se a floresta e mitigando o risco de incêndio. A biomassa é especialmente importante em territórios onde a sua disponibilidade é elevada e na promoção do desenvolvimento rural. Por um lado, evitam-se os constrangimentos de transporte e armazenamento. Por outro, a aposta nos recursos endógenos permite criar oportunidades económicas, levando a uma maior coesão social e à valorização e proteção ambiental.

No Balanço Energético Sintético divulgado pela Direção Geral de Energia e Geologia [DGEG] em 2023, o setor residencial representa atualmente cerca de 17,9 % do consumo total de energia final em Portugal ^[12].

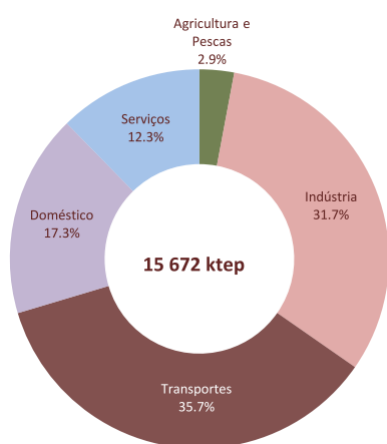


Gráfico 2: Estrutura do consumo de energia final em 2014 (Fonte: DGEG)

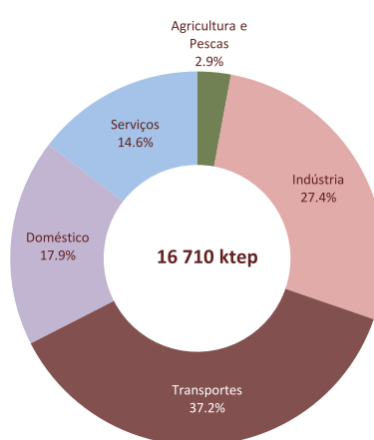


Gráfico 3: Estrutura do consumo de energia final em 2023 (Fonte: DGEG)

O consumo de energia por alojamento, tendo por base o número de alojamentos de residência principal, cifra-se em cerca de 0,7 tep/alojamento (2464 kWh/alojamento) e, no caso particular do consumo de eletricidade, representa cerca de 966 kWh/alojamento. Pese embora na última década se tenha verificado um aumento de 2 % no número de alojamentos familiares de residência principal, o consumo total por alojamento decresceu cerca de 3,6 %, o que pode refletir a combinação de um conjunto de fatores, incluído o efeito das políticas de eficiência energética ^[11].

A maior parcela de consumo de energia afeta ao sector doméstico ocorreu na Cozinha, com 987821 tep, correspondendo a 34,6% do total do consumo de energia (39,1% em 2010). Seguiu-se o Aquecimento do ambiente, com um consumo correspondente a 23,2%, os Equipamentos elétricos (19,9%) e o Aquecimento de águas (19,7%). Por oposição, foi no Arrefecimento do ambiente (1,0%; 0,5% em 2010) e na

Iluminação (1,6%; 4,5% em 2010) que o consumo de energia nos alojamentos foi menor [13].

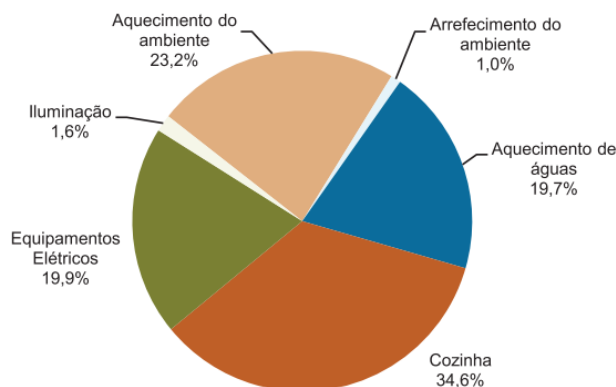


Gráfico 4: Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de utilização (Fonte INE 2020)

2.2.4. Requisitos de Avaliação da Eficiência Energética dos Edifícios

De acordo com o estudo divulgado pelo DGEG, o setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal. De acordo com o mesmo estudo, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO_2 , quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [14].

Para a aplicação das medidas de eficiência energética nos edifícios em Portugal, foi transposta a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios, para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, e do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios [RCCTE] [15].

Neste contexto, o Estado promoveu, com forte dinamismo, a eficiência energética dos edifícios e, por essa via, adquiriu uma experiência relevante, que se traduziu não só

na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria.

Com a publicação da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi reformulado o regime estabelecido pela Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002. Aquela diretiva vem clarificar alguns dos princípios do texto inicial e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020.

A transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma. Assim, o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto assegura não só a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [SCE], o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação [REH] e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços [RECS], atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico ^[15].

2.2.4.1. Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)

Estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.

2.2.4.2. Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)

O RECS estabelece as condições a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior.

A definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios passa a basear-se nos seguintes pilares: no caso de edifícios de habitação assumem posição de destaque o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas, aos quais acrescem, no caso dos edifícios de comércio e serviços, a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos. Para cada um destes pilares são, ainda, definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes.

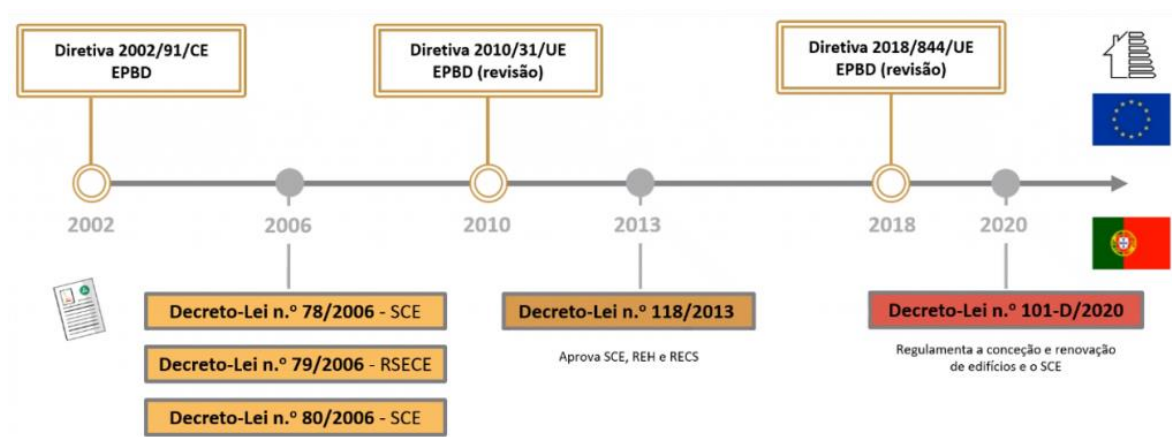


Figura 3: Evolução da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) e Transcrição na Legislação Nacional (Fonte: DGEG)

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro, 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, regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [SCE] e transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e

do Conselho, de 25 de outubro de 2012, sobre a eficiência energética e entre outras alterações noutros Decreto-Lei nacional sobre esta matéria ^[16].

2.2.4.3. Requisitos do Desempenho Energético para os Edifícios

Os edifícios novos devem ser edifícios com necessidades quase nulas de energia. Os seus componentes estão sujeitos ao cumprimento dos requisitos por forma a alcançarem níveis de desempenho energético elevados e, por consequência, níveis ótimos de rentabilidade, sendo estes níveis revistos periodicamente em função dos resultados de análise de custo ótimo, a realizar com intervalos não superior a cinco anos.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro os requisitos previstos são estabelecidos num quadro de consideração integrada da envolvente e dos sistemas técnicos e visam promover o conforto ambiente, o comportamento térmico adequado, a eficiência e a durabilidade dos sistemas técnicos, a boa gestão da energia e a utilização de fontes de energia renovável. E são aplicáveis os seguintes requisitos:

- a) Requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios, que visam, em particular, minimizar a ocorrência de patologias e limitar as necessidades de energia com vista à obtenção de condições interiores de conforto;
- b) Requisitos relativos aos sistemas técnicos, variáveis em função de cada sistema técnico em concreto, que incidem, designadamente, no seguinte:
 - Desempenho energético geral, que avalia ou afeta o desempenho de um sistema técnico no seu todo;
 - Dimensionamento adequado, com vista a garantir que os sistemas técnicos são adequados às necessidades e características do edifício, bem como às condições de utilização esperadas;
 - Instalação correta, que incide na forma de instalar os sistemas para que estes funcionem do modo para que foram concebidos;
 - Ajustamento adequado, que contempla as tarefas de teste e ajustamento aos sistemas técnicos, depois de instalados, para que funcionem em conformidade com as especificações definidas.

- Controlo adequado, a fim de garantir que as capacidades de controlo exigidas aos sistemas técnicos estejam em conformidade com as especificações definidas;

2.2.4.4.Requisitos de Avaliação dos Projetos de Especialidades:

Os requisitos de avaliação dos projetos de especialidades devem ser examinadas no âmbito de cada especialidade:

- Para os componentes envolvente opaca e envolvente envidraçada, no âmbito do projeto de arquitetura;
- Para os componentes sistemas de ventilação, sistemas de climatização e sistemas de preparação de água quente, no âmbito do projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado ou, no plano dos sistemas de preparação de água quente, no projeto de redes prediais de água e esgotos ou no projeto de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos;
- Para o componente sistemas fixos de iluminação, no âmbito do projeto de instalações, equipamentos e sistemas elétricos ou do projeto de alimentação e distribuição de energia elétrica;
- Para o componente sistemas de produção de energia elétrica, no âmbito do projeto de instalações, equipamentos e sistemas elétricos ou do projeto de alimentação e distribuição de energia elétrica;
- Para o componente Sistemas de Automatização e Controlo do Edifício [SACE], no âmbito do projeto de sistemas de gestão técnica centralizada;
- Para o componente instalações de elevação, no âmbito do projeto de instalações, equipamentos e sistemas de transporte ou do projeto de instalações eletromecânicas, incluindo as de transporte de pessoas e ou mercadorias;
- Para o componente infraestruturas de carregamento de veículos elétricos, no âmbito do projeto de instalações, equipamentos e sistemas elétricos ou do projeto de alimentação e distribuição de energia elétrica.

2.2.4.5.Elementos da Avaliação de Requisitos para Edifícios de Habitação:

A avaliação dos requisitos para os edifícios de habitação deve levar em consideração os seguintes elementos:

- a) Conforto térmico;
- b) Desempenho Energético, que incluem:
 - Indicadores do uso de energia primária;
 - Indicadores do uso de energia primária renovável;
 - Classificação como edifício de necessidade quase nulas de energia;
 - Classes de desempenho energético.
- c) Envolvente opaca;
- d) Envolvente envidraçada;
- e) Sistemas de ventilação;
- f) Sistemas de climatização;
- g) Sistemas de preparação de água quente;
- h) Sistemas de produção de energia elétrica;
- i) Instalações de elevação;
- j) Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos.

2.2.4.6.Elementos da Avaliação de Requisitos para Edifícios de Comércio e Serviços:

No que toca à avaliação dos requisitos para os edifícios de comércio e serviços, os elementos a ter em consideração são os seguintes:

- a) Desempenho Energético, que incluem:
 - Indicadores do uso de energia primária;
 - Indicadores do uso de energia primária renovável;
 - Classificação como edifício de necessidade quase nulas de energia;
 - Classes de desempenho energético.
- b) Envolvente opaca;
- c) Envolvente envidraçada;
- d) Sistemas de ventilação;
- e) Sistemas de climatização;
- f) Sistemas de preparação de água quente;
- g) Sistemas fixos de iluminação;
- h) Sistemas de produção de energia elétrica;

- i) SACE;
- j) Instalações de elevação;
- k) Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos.

2.2.4.7. Classificação da Eficiência Energética dos Edifícios

Aos edifícios, após serem feitas as avaliações de requisitos, é atribuída uma classe de eficiência energética. Esta classificação vem num documento designado de Certificado Energético do Edifício.

A certificação energética permite aos potenciais proprietários conhecer o desempenho energético de uma habitação antes da sua aquisição, induzindo assim os construtores e senhorios a utilizar soluções construtivas e equipamentos de maior eficiência energética ^[17].

De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro, a certificação energética dos edifícios tem como objetivo:

- Permitir a avaliação do desempenho energético dos edifícios e do cumprimento dos requisitos aplicáveis no momento da respetiva conceção ou renovação;
- Servir de suporte à avaliação periódica do desempenho energético dos GES, com vista à identificação de oportunidades de melhoria;
- Apoiar os consumidores previamente aos negócios jurídicos de transação de edifícios mencionados na alínea e) do n.º 1 do artigo seguinte, através da disponibilização de informação detalhada do desempenho energético e dos componentes do edifício, bem como das oportunidades de melhoria;
- Apoiar os proprietários na identificação das oportunidades de melhoria dos edifícios e na implementação das mesmas;
- Servir de elemento de suporte no acesso a instrumentos de financiamento, proporcionando a identificação do desempenho energético do edifício e das necessidades de melhoria, e, posteriormente, o acompanhamento, monitorização e validação da implementação das referidas medidas de melhoria;
- Servir de elemento de suporte para a atribuição de benefícios fiscais, incentivando, designadamente, a implementação de medidas de melhoria, bem como a conceção ou renovação de edifícios com vista a atingir um elevado desempenho energético;

- Constituir um contributo ou base para a agregação e disponibilização de informação sobre o edifício, seus consumos de energia e outras dimensões relacionadas com o uso eficiente de recursos com impacto no desempenho ambiental e na descarbonização do edificado.

O Certificado SCE (CE) é um documento emitido por um perito qualificado no âmbito do SCE e descreve a situação efetiva de desempenho energético de um imóvel, onde consta o cálculo dos consumos anuais de energia previstos e qualifica a qualidade do ar interior de um edifício ou fração autónoma, classificando o imóvel em função do seu desempenho energético numa escala de 8 classes (de A+ a F).

As exigências relativas à informação sobre a classe energética dos imóveis ou frações alteraram-se desde o lançamento do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. Na Figura 4, podemos comparar o modelo de certificação energética original com o atual ^[18].

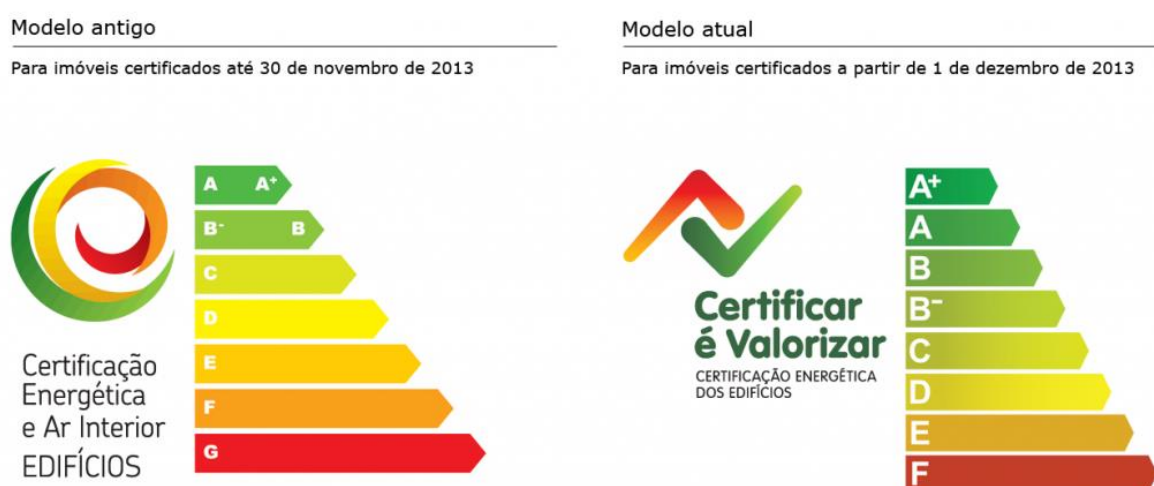


Figura 4: Modelo de Certificação Energética Original com o Atual (Fonte: CINERGIA)

Após 1 de janeiro de 2009, qualquer edifício, novo ou existente, deve possuir um certificado válido, o qual será de apresentação obrigatória aquando da celebração do respetivo contrato de compra, locação ou arrendamento. Acresce que a partir do dia 1 de dezembro de 2013, qualquer anúncio publicado com vista à venda ou locação ou arrendamento de um edifício, deve indicar a classificação energética constante do respetivo pré-certificado ou certificado SCE.

Pré-certificado Energético [PCE] – Emitido antes do início da construção ou renovação dos edifícios ou da obtenção da respetiva licença ou autorização de construção.

Certificado energético [CE] – É efetuado no final da construção ou renovação dos edifícios, ou antes da obtenção da licença ou autorização de utilização.

2.2.4.8. Validade dos Certificados Energéticos

De acordo com a legislação em vigor ^[16] o prazo de validade dos certificados energéticos varia consoante o tipo de certificado, o objeto da certificação energética e o estado do edifício, nos seguintes termos:

- Pré -certificados energéticos – 10 anos;
- Certificados energéticos – 10 anos;
- Certificados energéticos dos GES – 8 anos;
- Primeiros certificados energéticos dos GES, considerado edifícios novos ou grandes renovações – 3 anos;
- Certificados energéticos dos GES que se encontrem em funcionamento e que não disponham do plano de manutenção previsto no n.º 3 do artigo 10.^{o1} – 1 ano;
- Certificados energéticos de edifícios de comércio e serviços que não disponham do relatório de inspeção dos sistemas técnicos –1 ano;
- Certificados energéticos dos edifícios em tosco² – 1 ano.

Classe Energética:

Nos edifícios de habitação, a Classe Energética é obtida através do rácio R_{Nt} entre as necessidades nominais de energia primária real e energia primária de referencia, conforme a Equação (1) ^[19].

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (1)$$

¹ **n.º 3 do artigo 10.º** : Os sistemas técnicos inseridos em GES que se encontrem em funcionamento devem dispor de plano de manutenção atualizado e adaptado às características dos sistemas técnicos abrangidos, que inclua as tarefas de manutenção a realizar, bem como, no caso de edifícios novos ou renovados, as premissas definidas em projeto.

² De acordo com a alínea h) do **artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro**, o Edifício em tosco é o edifício sem revestimentos interiores nem sistemas técnicos instalados e de que se desconheçam ainda os detalhes de uso efetivo.

Em que:

N_{tc} – Necessidades nominais anuais de energia primária;

N_t – Necessidade nominais anuais de energia primária de referência;

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

A partir do resultado do cálculo de R_{Nt} é classificado a classe energética do edifício a partir dos valores apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Definição da classe energética de acordo com o rácio R_{Nt} (Fonte: Manual SCE)

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 < R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 < R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 < R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 < R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 < R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 < R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

A apresentação do Certificado Energético contém outras informações, as quais, de acordo com a legislação nacional em vigor ^[20], os conteúdos de informação que constam no PCE e CE para Edifícios de Habitação, são:

- a) Logótipo da certificação energética dos edifícios;
- b) Logótipo da ADENE;
- c) Logótipo da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG);
- d) Tipo de documento;
- e) Tipo de edifício;
- f) Número de identificação do documento;
- g) Data de validade;
- h) Fotografia do imóvel;
- i) Identificação postal e predial/fiscal;

- j) Indicadores de desempenho;
- k) Enquadramento temporal dos requisitos (*Roadmap*);
- l) Identificação de edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB), quando aplicável;
- m) Classe energética;
- n) Contributo de energia renovável;
- o) Emissões de dióxido de carbono (CO_2);
- p) Descrição sucinta do edifício ou fração;
- q) Comportamento térmico dos elementos construtivos da habitação;
- r) Perdas e ganhos de calor da habitação;
- s) Propostas de medidas de melhoria para a redução das necessidades de energia e para a otimização dos níveis de saúde, conforto e qualidade do ar interior, incluindo a sua descrição, custo estimado do investimento, tempo de recuperação do investimento, a redução anual do consumo de energia, e consequente redução anual da fatura energética e o impacto na classe energética;
- t) Conjunto de medidas de melhoria;
- u) Recomendações sobre sistemas técnicos;
- v) Definições;
- w) Informação adicional;
- x) Notas e observações;
- y) Recomendações sobre sistemas técnicos;
- z) Resumo dos principais indicadores;
- aa) Dados climáticos;
- bb) Identificação e descrição das soluções construtivas, dos sistemas técnicos e da ventilação, identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel, e detalhe das respetivas medidas de melhoria, quando propostas.

Ver anexo I – Exemplo do certificado energético de Edifício de Habitação.

Também para Edifícios de Comércio e Serviços, a legislação nacional em vigor ^[20] exemplifica os conteúdos de informação que devem constar no PCE e CE conforme a listagem a seguir:

- a) Logótipo da certificação energética dos edifícios;
- b) Logótipo da ADENE;
- c) Logótipo da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG);
- d) Tipo de documento;
- e) Tipo de edifício;
- f) Número de identificação do documento;
- g) Data de validade;
- h) Fotografia do imóvel;
- i) Identificação postal e predial/fiscal;
- j) Indicadores de desempenho;
- k) Enquadramento temporal dos requisitos (*Roadmap*);
- l) Identificação de edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB), quando aplicável;
- m) Classe energética;
- n) Contributo de energia renovável;
- o) Emissões de dióxido de carbono (CO_2);
- p) Descrição sucinta do edifício ou fração;
- q) Comportamento térmico dos elementos construtivos da habitação;
- r) Perdas e ganhos de calor da habitação;
- s) Propostas de medidas de melhoria para a redução das necessidades de energia e para a otimização dos níveis de saúde, conforto e qualidade do ar interior, incluindo a sua descrição, custo estimado do investimento, tempo de recuperação do investimento, a redução anual do consumo de energia, e conseqüente redução anual da fatura energética e o impacto na classe energética;
- t) Conjunto de medidas de melhoria;
- u) Recomendações sobre sistemas técnicos;
- v) Definições;
- w) Informação adicional;
- x) Notas e observações;

- y) Recomendações sobre sistemas técnicos;
- z) Resumo dos principais indicadores;
- aa) Dados climáticos;
- bb) Identificação e descrição das soluções construtivas, dos sistemas técnicos e da ventilação, identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel, e detalhe das respetivas medidas de melhoria, quando propostas.

Ver anexo II – Exemplo do Certificado Energético de Edifícios de Comércio e Serviços.

2.2.5. Metodologia de Cálculo de Avaliação de Desempenho Energética dos Edifícios de Habitação

Para a realização dos cálculos de desempenho energético dos edifícios, existe a legislação nacional que normaliza os critérios de cálculos a fim de garantir resultados de cálculos mais fidedignos possíveis. De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro, a avaliação do desempenho energético dos edifícios é uma análise efetuada com base no consumo de energia calculado que reflete o consumo energético típico para o aquecimento e o arrefecimento de espaços, a ventilação de espaços, a produção de água quente e a iluminação fixa, bem como outros sistemas técnicos dos edifícios, nos casos aplicáveis, expressa por um indicador numérico de utilização energia primária em kWh/(m².ano).

Avaliação do Desempenho Energético:

- A avaliação do desempenho energético dos edifícios é realizada, tendo em conta as necessidades de energia afetas a determinados usos, tais como o aquecimento e arrefecimento de espaços, a ventilação, a água quente sanitária, a iluminação, as quais são determinadas de modo a otimizar, direta ou indiretamente, os níveis de saúde, conforto térmico e qualidade do ar interior dos ocupantes dos edifícios.
- O desempenho energético do edifício é expresso através de um indicador numérico que representa a energia primária³ necessária para satisfazer as

³ **Energia Primária** – De acordo com alínea x) do artigo 2º do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, a energia primária é a energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis não transformada ou convertida.

necessidades de energia referidas no número anterior e que tem em conta a energia proveniente de fontes renováveis fornecida ao edifício e a gerada e utilizada no mesmo.

- Para efeitos da avaliação do desempenho energético dos edifícios é estabelecida uma metodologia de cálculo, constante no Manual SCE⁴, ao abrigo da qual será realizada a emissão de certificados energéticos.

Para este projeto, devido à sua grande dimensão, para efeito de determinação de desempenho energético serão apresentadas todas as características construtivas do edifício, os sistemas técnicos e parâmetros de cálculos com base nos critérios de avaliação do desempenho energético do manual SCE e legislação nacional em vigor, porém os cálculos devidos a sua complexidade será efetuados com uso do *software Design Builder*. Este software permite fazer a simulação energética do edifício levando em consideração todos os aspetos construtivos, localização, dados climáticos e sistemas técnicos instalados.

⁴ **Manual SCE** – De acordo com alínea 5 do artigo 4 do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro, o manual SCE é aprovado mediante despacho do diretor-geral da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), a publicar até à data estabelecida no n.º 2 do artigo 46.º (1 de julho de 2021), devendo ser revisto no intervalo máximo de dois anos, ou sempre que alterações de natureza técnica ou regulamentar o justifique, e contém o conjunto de regras e orientações para a instrução, condução e conclusão dos processos de avaliação do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as especificidades dos edifícios abrangidos, que descreve as opções nacionais e integra os anexos das normas gerais ISO/EN relevantes para a sua aplicação.

3. ESTUDO DE CASO PRÁTICO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CONDOMÍNIO TAGUS BAY LOCALIZADO EM ALCOCHETE – SETÚBAL – PORTUGAL: Simulação Energética e Propostas de Melhoria para Otimização do Consumo de Energia

3.1. Descrição do Condomínio Tagus Bay

O Edifício de habitação coletiva com designação de **Condomínio Tagus Bay**, situado próximo à Estrada Nacional 119, na avenida 5 de outubro – Alcochete – Setúbal foi construído pela LIBERTAS – Investimentos Imobiliários S.A, com processo de licenciamento em 2018. O Edifício tem a forma em “U”, aberto a norte, de quatro a seis pisos de altura, complementado por um andar recuado, que compreende um conjunto de blocos habitacionais, identificados de A à J, dispostos sob a forma de quarteirão quadrangular, os quais correspondem a um único condomínio habitacional. Também tem um piso em cave destinado a estacionamento e arrumos.

O prédio em causa apresenta uma forma irregular, tendo um ligeiro declive de nascente para poente/norte, mais um acentuado na zona confinante com o rio Tejo.

Localização do Condomínio (Lat.: 38.756674° | Long.: - 8.955578°):

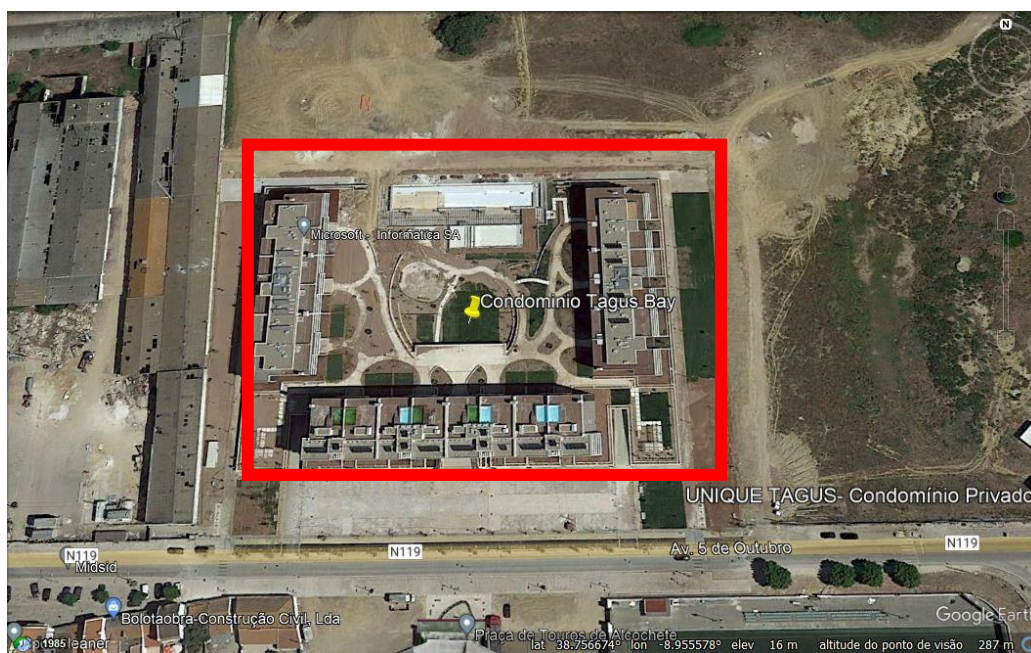


Figura 5: Localização do Condomínio Tagus Bay em Alcochete – Setúbal (Fonte: Google Earth)

A solução de arquitetura foi pensada para o conjunto dos blocos que compõem o quarteirão e tem como principal objetivo tirar partido da paisagem sobre o estuário do Rio Tejo e paisagem envolvente, bem como da sua relação com o logradouro, o qual se pretende de utilização comum, sob a figura de condomínio, permitindo a criação de um espaço de fruição comum a todos os condóminos. Acresce referir que para os Blocos E e F foi criada um hall, do tipo “foyer”, o qual proporciona a entrada principal para todo o empreendimento, com um caráter mais formal, sendo ainda criadas mais duas entradas/saídas pedonais, a partir do logradouro funcionando como acessos de serviço e saídas de emergência, bem como dois acessos diretos ao exterior a partir da zona de estacionamento público criado paralelamente à Av. 5 de Outubro.

O Condomínio é composto por 10 Blocos (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J) e totalizando 110 apartamentos distribuídos da seguinte forma:

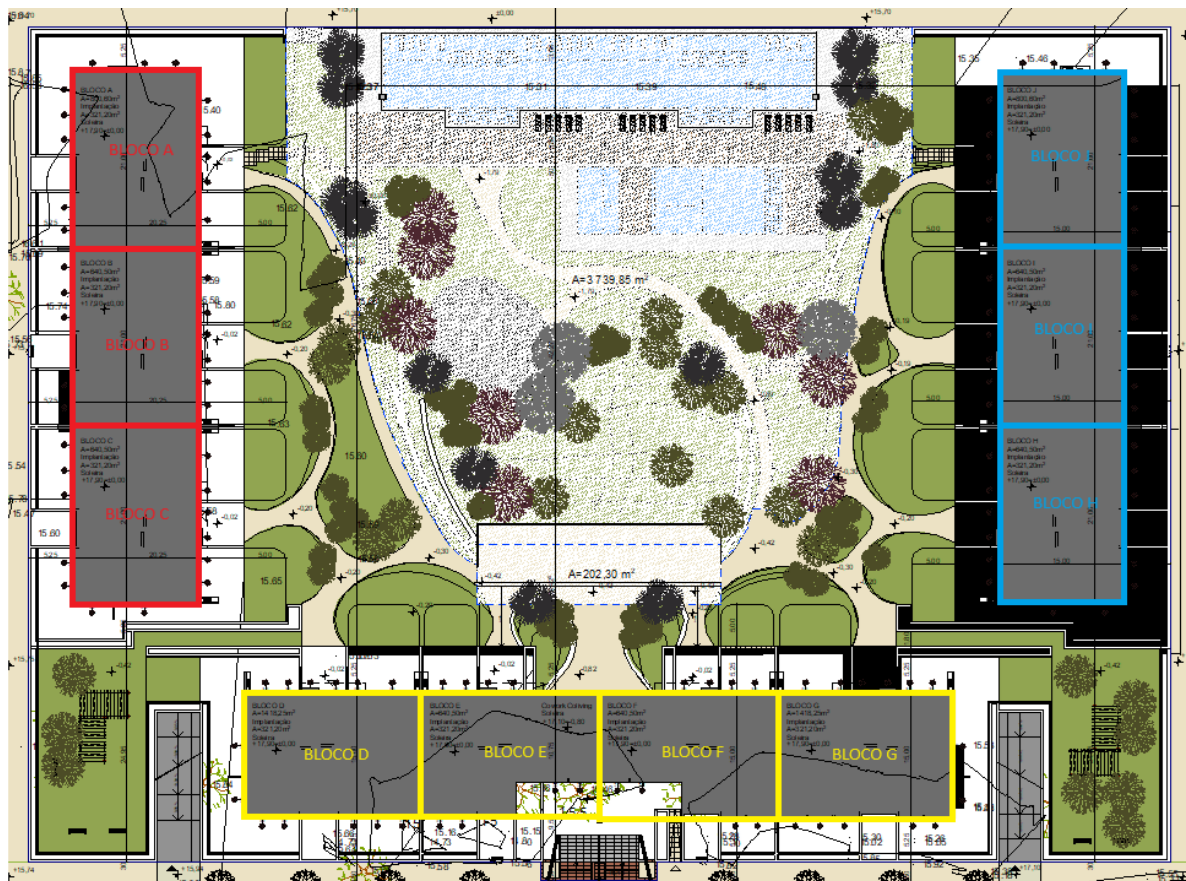


Figura 6: Distribuição dos Blocos no Condomínio (Adaptado de Projeto de Arquitetura do Condomínio)

A área total do prédio é de $143.760,00 \text{ m}^2$ e a área do prédio intervencionada corresponde à zona poente confinante com a Av. 5 de outubro com a área de $20.695,00 \text{ m}^2$. A distribuição das áreas do condomínio é o seguinte:

- Área do prédio ----- 13 331,20 m²;
- Área de implantação ----- 3 205,50 m²;

Tabela 2: Distribuição das áreas do condomínio (Adaptado de Projeto de Arquitetura)

DESIGNAÇÃO	ÁREA DO PRÉDIO (m ²)	BLOCOS	SUPERFÍCIE DE OCUPAÇÃO DOS BLOCOS (m ²)	USO	Nº DE PISOS	Nº DE FOGOS	CÉRCEA (m)	VOLUMETRIA (m ³)	SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO TOTAL (HABITAÇÃO) (m ²)	SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO (VARANDAS) (m ²)	SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO (ANDAR RECUADO) (m ²)	SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO (CAVE) (m ²)	Nº DE LUGARES DE ESTACIONAMENTO
CONDOMÍNIO HABITACIONAL	13 331,20	A	320,80	Habitação	4+rec+cv	8	19,80	47 957,10	1275,55	460,10	115,10	800,60	18
		B	320,80	Habitação	4+rec+cv	10			1275,45	326,50	105,90	640,50	22
		C	320,80	Habitação	4+rec+cv	10			1275,45	382,90	114,30	640,50	22
		D	320,80	Habitação	4+rec+cv	14			1917,15	528,20	19,90	1418,25	27
		E	319,55	Habitação	4+rec+cv	13			1874,25	457,70	19,80	740,20	25
		F	319,55	Habitação	4+rec+cv	13			1874,25	457,70	19,80	740,20	25
		G	320,80	Habitação	4+rec+cv	14			1917,15	528,20	19,90	1418,25	27
		H	320,80	Habitação	4+rec+cv	10			1275,45	382,90	114,30	640,50	22
		I	320,80	Habitação	4+rec+cv	10			1275,45	326,50	105,90	640,50	22
		J	320,80	Habitação	4+rec+cv	8			1275,55	460,10	115,10	800,60	18
TOTAIS	13 331,20		3 205,50			110		15235,70	4310,80	750,00	8480,10	228	

Assim os edifícios apresentados desenvolvem-se em 6 pisos + recuado + cave nos blocos com frente para a Av. 5 de Outubro, e de 4 pisos + recuado + cave, nos blocos com frente para o logradouro, e conta com os espaços distribuídos da seguinte forma:

Piso -1:

Este piso destina-se essencialmente a estacionamento automóvel. O acesso automóvel à cave é feito a partir do estacionamento público paralelo à Av. 5 de Outubro, sendo os acessos pedonais feitos a partir das caixas de escadas de cada um dos blocos.

Existem ainda dois núcleos de arrecadações de apoio aos fogos nos cantos do “U”, bem como previstos diversos espaços destinados a instalações técnicas de uso diverso, como a casa das máquinas da piscina e respetivos tanques de compensação, os quais em concreto contam com acesso direto ao jardim.

É ainda previsto um espaço destinado a ginásio, com instalações sanitárias de apoio, sauna e banho turco assim como uma arrecadação de apoio ao jardim, espaços estes com acesso quer a partir do logradouro quer da cave.

Piso 0:

Neste piso temos a entrada de todo o condomínio a qual é feita a partir do Bloco E e F, núcleo de distribuição de onde se acede ao logradouro e conseqüentemente a todos os outros blocos. A tipologia dos fogos varia de T2 a T3.

A criação do logradouro comum ajardinado é completamente pelos equipamentos de apoio atrás referidos, todos de uso comum.

Piso 1 e 2:

Nestes pisos as tipologias adotadas compreendem fogos de tipologia T1 e T3.

Piso 3 a 6:

Nestes pisos as tipologias adaptadas compreendem fogos de tipologia T3 e T4.

Piso recuado:

O Piso recuado tem uma utilização complementar ao uso habitacional ou seja arrumos, permitindo o acesso aos terraços comuns de uso exclusivo, onde se localizaram ora os jacúzi ora as piscinas privadas.

Tabela 3: Distribuição dos tipos de apartamento por bloco e por piso

		BLOCOS									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Piso -1											
Piso 0		T3	T3	T3	T3	T2	T2	T3	T3	T3	T3
		T2	T2	T2	T2			T2	T2	T2	T2
Piso 1		T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
		T3	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T3
			T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	
Piso 2		T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
		T3	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T3
			T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	
Piso 3		T3	T3	T3	T4	T4	T4	T4	T3	T3	T3
		T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
Piso 4					T4	T4	T4	T4			
					T3	T3	T3	T3			
Piso 5					T3	T3	T3	T3			
					T3	T3	T3	T3			
Piso 6					Jacúzi	Jacúzi	Jacúzi	Jacúzi			
					Jacúzi	Jacúzi	Jacúzi	Jacúzi			
T1	16	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0
T2	26	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1
T3	60	7	5	5	7	6	6	7	5	5	7
T4	8	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0
Total	110	8	10	10	14	13	13	14	10	10	8

O Condomínio totaliza 110 apartamentos de tipologia T1 à T4, sendo que uma grande maioria dos apartamentos é do tipo T3 conforme ilustra o Gráfico 5:

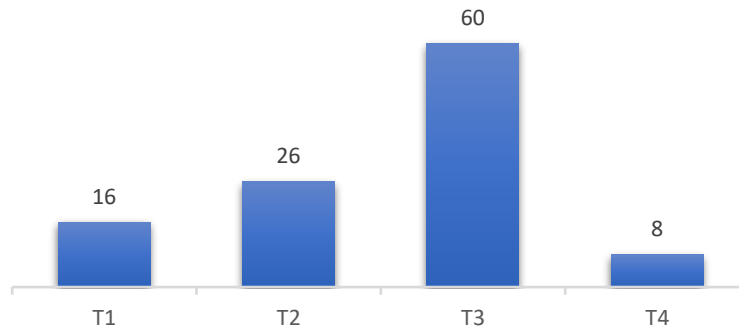


Gráfico 5: Número de apartamentos do condomínio por tipologia

3.1.1. Situação Energética Atual do Condomínio

O condomínio dispõe de 110 apartamentos distribuídos nos 10 Blocos e todos são de uso privado aos moradores. Por esse motivo e devido a dificuldade em ter dados dos consumos e acesso ao interior para inspecionar os equipamentos e estipular o perfil de cada um e ainda considerando que nos pré-certificados energéticos emitidos em 2018 com validades até 2028 todas as frações autónomas tiveram a classe energética A, ou seja, os apartamentos estavam bem classificados energeticamente, não foi de interesse deste projeto detalhar o estudo sobre todos os apartamentos. O Estudo de modelação energética centra-se apenas nos apartamentos do Bloco D onde a gestão de condomínio mostrou mais interesse em conhecer os pormenores dos resultados da simulação. Nesta sessão fez-se o estudo de modelação energética para perceber se os elementos das envolventes cumprem com os requisitos estabelecidos pela norma em vigor, identificar pontos de possíveis melhorias, consumo de energia e custo associado que poderão servir futuramente, caso os moradores pretendem consultar a gestão de condomínio para adquirir opinião ou informação da eficiência energética do mesmo.

A gestão do condomínio mostrou interesse na identificação dos pontos de redução de consumo nos serviços comuns do condomínio que inclui iluminações exteriores do jardim, iluminação do parque de estacionamento situado no Piso -1, aquecimento das piscinas, produção de AQS por painéis fotovoltaicos, sistema de extração do ar do piso -1, sistema de tratamento da água das piscinas, sistema de captação da água do furo, sistema de elevadores, entre outros, que fazem parte do serviço comum do condomínio.


Todo o consumo de energia elétrica do serviço comum do condomínio está direcionado num só contador de energia com o nível de tensão de Baixa Tensão Especial (BTE), em ciclo horário diário. O consumo de energia elétrica total mensal nos serviços

comuns está à volta dos 20200 kWh/mês, equivalente a um custo médio mensal faturado de 4400 €/mês. De salientar que não existem contadores de energia separados por cada tipo de consumo, pelo que não foi possível dissociar as percentagens de consumo por cada categoria de consumo como iluminação, aquecimento das piscinas, elevadores, etc.

Com base no conhecimento da gestão do condomínio, observou-se que o maior consumo de energia no serviço comum provém da iluminação do parque no piso -1, aquecimento das duas piscinas exteriores e iluminação exterior do jardim. Por esses motivos e também para limitar o projeto devido ao tempo e volume de trabalho necessário, foi estudado os maiores consumidores considerado pela gestão do condomínio que são: a iluminação do parque situado no piso -1, iluminação do jardim e aquecimento das duas piscinas que são uma das crianças e outra de adultos.

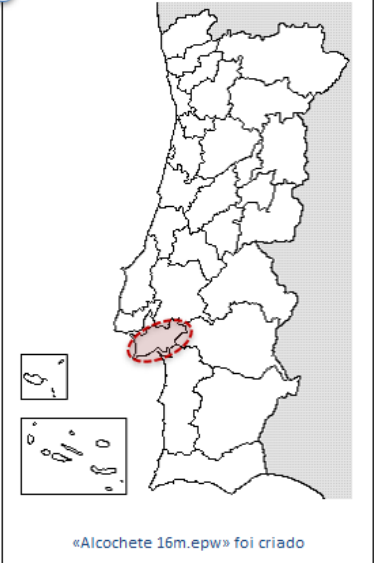
3.1.2. Zonamento Climático do Condomínio Tagus Bay

O Condomínio fica situado em Alcochete com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 38.756674°, longitude - 8.955578° e a uma altitude de 16 m. Com base nestes dados e fazendo uso da folha de cálculo da LNEC com designação CLIMAS-SCE, foi criado o ficheiro de dados climáticos «Alcochete 16m.epw» contendo as informações da temperatura, humidade relativa, radiações solares direta, difusa e outras informações climáticas relevantes para a simulação dinâmica no *Design Builder*.

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

Seleção por município

Alcochete



«Alcochete 16m.epw» foi criado

preparar ficheiro
EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Península de Setúbal
 Latitude: 38,6 °N (nominal)
 Longitude: 8,9 °W (nominal)
 Altitude: 47 m (referência)

Local específico


Município: Alcochete
 Altitude: 16 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	4,7	4,7 meses
T média:	10,7	10,8 °C
Graus-dia:	1045	999 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	22,8	23,0 °C

Zonas de verão e inverno

V 3 I 1

 Software para Políticas Públicas

Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 7: Programa para obtenção de ficheiro de dados climáticos a partir do CLIMAS-SCE (Fonte: LNEG)

De acordo com os dados climáticos de referência para estudos em edifícios, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), o edifício fica situado no distrito de Setúbal com o Número de Ordem 56 (ver anexo III), a temperatura exterior de projeto de inverno com a probabilidades acumuladas de ocorrência de 1; 2,5; 5 e 10% corresponde aos seguintes valores de temperatura (°C) da Tabela 4:

Tabela 4: Temperaturas Exteriores de Projeto de Inverno

Região	Número de Ordem	Local	PROB. (%)			
			1,0	2,5	5,0	10,0
Continente	56	SETÚBAL	-0,3	1,1	2,4	4,3

Fonte: Adaptado de INMG/LNEC

De acordo com o estudo^[21], preconiza-se a adoção dos seguintes valores da temperatura exteriores de projeto:

- Temperatura de termómetro seco com a probabilidade acumulada de ocorrência de **1%**, nos casos de edifícios hospitalares, clínicas, residências para a terceira idade, sala de computadores e noutras situações justificadas pelos projetistas;
- Temperatura de termómetro seco com a probabilidade acumulada de ocorrência de **2,5%** nos restantes casos.

Para efeito da simulação dinâmica no *Design Builder*, tendo em conta que o programa recebe o parâmetro da probabilidade de ocorrência acumulada de 0,4% e 1,0% para estação de aquecimento, e tendo em conta que 0,4% não consta na Tabela 4 optou-se pelo método de aproximação que também é muito usado a nível internacional, inclusive especificado no Guia Técnica “*Condiciones climáticas exteriores de proyecto*”^[22]. Este guia proporciona ao técnico a informação sobre o Nível de Percentil Anual (NPA), tanto do inverno como de verão, e estes dados de percentil são as mais usadas a nível mundial. Este mesmo documento refere que a norma UNE 100014:2004: “*Climatización. Base para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo*” indica os Níveis de Percentis Estacionais (NPE) a utilizar para os cálculos de cargas térmicas de um edifício e que ainda existe uma relação de aproximação entre os Níveis de Percentis Estacionais (NPE) especificados na norma e Níveis de Percentis Anual (NPA) especificados no guia técnica citado anteriormente. Pode-se ver a relação de aproximação na Tabela 5:

Tabela 5: Relação de Aproximação NPA e NPE (Fonte: *ahorra energía, Governo de Espanha*)

NPA	NPE
99,6%	99%
99%	97,5%
0,4%	1%
1%	2,5%

Levando em consideração que podem ser feitas as aproximações, inclusive não sendo valores com grandes desvios, então para este caso de estudo serão aplicados os seguintes valores da Tabela 6 no *Design Builder* para simulação dinâmica do edifício no inverno:

Tabela 6: Probabilidade de ocorrência da temperatura de projeto de inverno para efeito de cálculo no *Design Builder*

Heating 99,6% ≈ 99% → Prob. Acum. Ocor. : 1%	-0,3°C
Heating 99% ≈ 97,5% → Prob. Acum. Ocor. : 2,5%	1,1°C

As temperaturas exteriores de projeto de verão com a probabilidade acumulada de ocorrência de 90, 95, 97,5 e 99% correspondem aos seguintes valores de temperatura (°C) da Tabela 7:

Tabela 7: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão

REGIÃO:				CONTINENTE			
LOCAL:				SETÚBAL			
T TERM. SECO				TW TERM. MOLHADO			
99%	97,5%	95%	90%	99%	97,5%	95%	90%
34,4	32,5	30,9	28,8	22,8	21,3	20,7	20,1
				AMPLITUDE TERMICA DIARIA			
				13,4			

Fonte: Adaptado de INMG/LNEC

Para efeito da simulação dinâmica no *Design Builder*, tendo em conta que o programa recebe o parâmetro da probabilidade de ocorrência de 0,4%, 1,0% e 2,0% da temperatura do bulbo seco e do bulbo húmido para estação de arrefecimento, foi aplicado o critério de aproximação já citado nos parágrafos anteriores para determinar probabilidade de ocorrência de 0,4% e 1,0%, e para 2,0% fez-se o uso da interpolação linear e obteve-se os seguintes resultados:

- Temperatura para Probabilidade de ocorrência de 2,0% do Bulbo Seco: 33,13°C;
- Temperatura para Probabilidade de ocorrência de 2,0% do Bulbo Húmido correspondente: 21,8°C;

Tabela 8: Probabilidade de ocorrência da temperatura de projeto de verão para efeito de cálculo no *Design Builder*

	Bulbo Seco	Bulbo Húmido Correspondente
Cooling Design Weather (0,4%): 99,6% ≈ 99%—>	34,4°C	22,8°C
Prob. Acum. Ocor. : [1, 0%]		
Cooling Design Weather: [2, 0%]	33,13°C	21,8°C
Cooling Design Weather (1,0%): 99% ≈ 97,5%—>	32,5°C	21,3°C
Prob. Acum. Ocor. : [2, 5%]		

Com a introdução dos dados climáticos no *Design Builder* foi obtido o Gráfico 6 dos dados climáticos da localização do Condomínio Tagus Bay em Alcochete com a

variação diária dos parâmetros de temperatura, velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica e a radiação solar durante um ano:

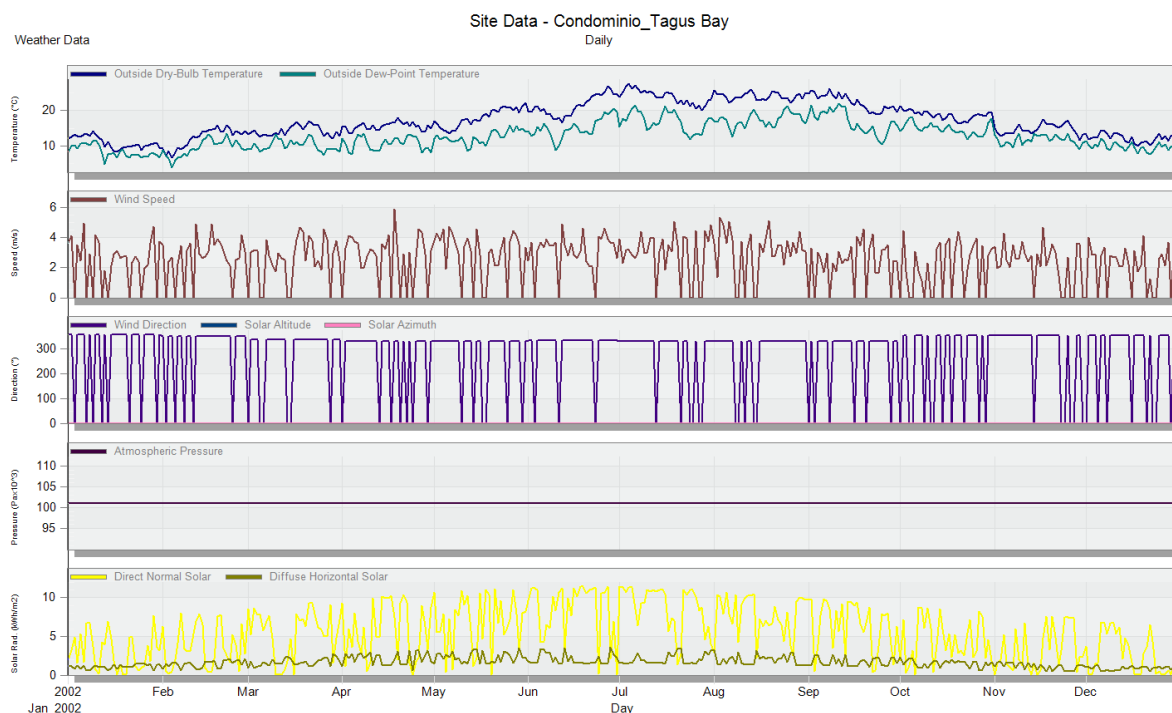


Gráfico 6: Dados Climático da Localização do Condomínio Tagus Bay (Fonte: Design Builder)

3.2. Caracterização dos Elementos da Avaliação de Requisitos do Condomínio

3.2.1. Envolventes Opacas:

Paredes Exteriores (35 cm) – São simples, em alvenaria de tijolo, devidamente rebocadas e pintadas a tinta plástica e com grande maioria das fachadas com paredes simples com isolamento térmico pelo exterior, revestida a mosaico de grés porcelânico. A composição da parede do exterior para o interior é por: Revestimento a mosaico porcelânico da Magrês, série *Undground*, tom cream 45x90 de espessura 0,01 m, com massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m^3 e fixado com cimento cola, reboco tradicional de cimento, com massa volúmica aparente seca compreendida entre $1800\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,01 m, isolamento em poliestireno expandido extrudido (XPS), com massa volúmica aparente seca entre $25\text{-}40 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,060 m, pano simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal) com espessura de 0,25 m e uma resistência térmica de $0,56 \text{ (m}^2\text{C)/W}$, classificado de acordo com ITE 50^[23], reboco interior em gesso de estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,020 m.

A composição das paredes exteriores está resumida na Tabela 9 a seguir:

Tabela 9: Composição das paredes exteriores (35 cm)

PAREDES EXTERIORES					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	λ [W/m ² C]	R[m ² C/W]
Exterior	1	Mosaico Porcelânico da Magrês	0,01	1,3	0,01
	2	Isolamento em XPS	0,06	0,037	1,62
	3	Argamassa de reboco tradicional de cimento	0,01	1,3	0,01
	4	Alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal)	0,25	-	0,56
Interior	5	Estuque Projetado	0,02	0,56	0,04
ΣRi					2,23

De acordo com a Tabela 9, as paredes exteriores têm a resistência térmica de 2,23 m^2C/W , composta por cinco camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o isolamento em XPS com 1,62 m^2C/W .

Para a avaliação de requisitos das paredes exteriores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Avaliação de Requisitos das Paredes Exteriores


Coeficiente de Transmissão Térmica: Paredes Exteriores			
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno	
0,42	0,50	I1	 <p>Outer surface</p> <p>10,00mm Mosaico Porcelânico da Magrês(not to scale)</p> <p>60,00mm Isolamento em XPS</p> <p>10,00mm Argamassa de reboco tradicional de cimento(not to scale)</p> <p>250,00mm Alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal) 25cm</p> <p>20,00mm Estuque Projetado(not to scale)</p> <p>Inner surface</p>
Avaliação:	OK	Regulamentar, de acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).	

Figura 8: Composição das paredes exteriores (35 cm)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 10, o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores obtido através dos cálculos é de $0,42 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Este valor está abaixo do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de $0,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Conclui-se que estas paredes exteriores cumprem os requisitos regulamentares de acordo com a legislação em vigor.

Paredes interiores (15 cm) – Em alvenaria de tijolo, devidamente estucadas por projeção para receberem tinta de água, à exceção das cozinhas e casas de banho que serão revestidas a azulejo cerâmico, correspondendo à altura das paredes.

A composição da parede interior, constituída do espaço não útil (ENU) para o interior por: Reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^3$, espessura de $0,020 \text{ m}$, pano simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal) com espessura de $0,11 \text{ m}$ e uma resistência térmica de $0,27 \text{ (m}^2\text{C)/W}$, classificado de acordo com ITE 50^[23] e reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^3$, espessura de $0,020 \text{ m}$.

A composição das paredes interiores se resume na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11: Composição das paredes interiores (15 cm)


PAREDES INTERIORES					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	$\lambda[\text{W/m}^\circ\text{C}]$	$R[\text{m}^2\text{C/W}]$
ENU	1	Estuque Projetado	0,02	1,3	0,02
	2	Alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal)	0,11	-	0,27
EU	3	Estuque Projetado	0,02	0,56	0,04
ΣR_i					0,32

De acordo com a Tabela 11, as paredes interiores têm a resistência térmica de $0,32 \text{ m}^2\text{C/W}$, composta por três camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o tijolo cerâmico furado com $0,27 \text{ m}^2\text{C/W}$.

Para avaliação de requisitos das paredes interiores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Avaliação de Requisitos das Paredes Interiores

Coeficiente de Transmissão Térmica: Paredes Interiores		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
1,66	2,00	I1



Outer surface
20,00mm Estuque Projetado
110,00mm Alvenaria de tijolo cerâmico furado (normal) 11cm
20,00mm Estuque Projetado Interior
Inner surface

Figura 9: Composição das paredes interiores (15 cm)

Avaliação:	OK	Regulamentar, de acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).
-------------------	----	---

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12, o coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores obtido dos cálculos é de 1,66 W/m². °C, este valor está abaixo do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de 2,00 W/m². °C, conclui-se que estas paredes interiores estão regulamentados de acordo com a legislação em vigor.

De salientar que existe ainda algumas paredes interiores de dimensões 25 cm, 30 cm, inclusive paredes no interior das cozinhas e casas de banhos que são revestidas por azulejos cerâmicos correspondendo a altura das paredes. Tendo em consideração que estas paredes representam uma minoria e para simplificar a parametrização no *Design Builder* devido a uma grande quantidade dos apartamentos, foi considerado que todas as paredes interiores tenham uma espessura de 15 cm e com as propriedades descrita na Tabela 12, uma vez que representa uma grande maioria e com propriedade mais crítica de isolamento térmico.

Paredes em contato com o solo (35 cm) – São simples e em Betão armado.

A composição da parede em contacto com o solo é por: Impermeabilizante em membrana flexível impregnadas com betume com massa volúmica aparente seca compreendida entre 1000-1100 kg/m^3 , espessura de 0,001 m, Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) “Betão Estrutural”, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2300-2400 kg/m^3 , espessura de 0,35 m e reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre 1200-1500 kg/m^3 , espessura de 0,010 m.

A composição das paredes em contacto com o solo se resume na Tabela 13 a seguir:

Tabela 13: Composição das paredes em contacto com o solo

PAREDES EM CONTACTO COM O SOLO					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	λ[W/m² C]	R[m²C/W]
ENU	1	Membrana flexível impregnada com betume	0,001	0,23	0,004
	2	Betão Armado de Inertes Correntes	0,35	2,0	0,18
EU	3	Estuque Projetado	0,01	0,56	0,02
ΣR_i					0,197

De acordo com a Tabela 13, as paredes em contacto com o solo têm a resistência térmica de 0,197 $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$, composta por três camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o betão armado de inertes correntes com 0,18 $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$.

Para avaliação de requisitos das paredes em contacto com o solo foi exposta resumidamente os dados na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14: Avaliação de Requisitos das Paredes em contacto com o solo (Cave)

Coeficiente de Transmissão Térmica: Paredes em contacto com o Solo (Cave)		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
2,72	-	II
Avaliação:	-	Sem requisitos

Figura 10: Composição das paredes em contacto com o solo

De acordo com os dados apresentados na Tabela 14, o coeficiente de transmissão térmica das paredes em contacto com o solo obtido dos cálculos é de 2,72 W/m². °C. Tendo em conta que para edifícios de habitação a legislação não estipula o limite máximo, conclui-se que para estas paredes em contacto com o solo não existe requisitos de avaliação de desempenho.

Pavimentos interiores – Têm como acabamento mosaico cerâmico na cozinha e casas de banho, prevendo-se para os quartos, salas e zonas de distribuição a utilização de pavimento flutuante. Mas por motivo de simplificação de parametrização no *Design Builder* o valor mais crítico de condutibilidade térmica para o revestimento geral dos pavimentos interiores é o de revestimento de mosaico cerâmico, com 1,3 W/(m²°C), massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m³ e espessura de 0,010 m. A composição do pavimento interior é por: revestimento em mosaico cerâmico, com 1,3 W/(m²°C), massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m³ e espessura de 0,010 m, enchimento com betão leve RECIPOL, espessura de 0,040 m, isolamento térmico em poliestireno expandido

extrudido (XPS) com massa volúmica aparente seca entre 25-40 kg/m³, espessura de 0,040 m, Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários), Betão Estrutural, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2300-2400 kg/m³, espessura de 0,200 m e reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre 1200-1500 kg/m³, espessura de 0,010 m.

A composição dos pavimentos interiores se encontra resumida na Tabela 15 a seguir:

Tabela 15: Composição de pavimentos interiores (30 cm)

PAVIMENTOS INTERIORES					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	λ[W/mº C]	R[m²ºC/W]
UP	1	Mosaico Porcelânico	0,010	1,3	0,008
	2	Betão Leve RECIPO (Argamassa de regularização)	0,040	1,8	0,02
	3	Isolamento em XPS	0,040	0,037	1,08
	4	Betão Armado de Inertes Correntes	0,200	2,0	0,10
DOWN	5	Estuque Projetado	0,010	0,56	0,02
				ΣRi	1,23

De acordo com a Tabela 15, os pavimentos interiores têm a resistência térmica de 1,23 m²ºC/W, composta por cinco camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o isolamento em XPS com 1,08 m²ºC/W.

Para avaliação de requisitos dos pavimentos interiores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 16 a seguir:

Tabela 16: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos Interiores

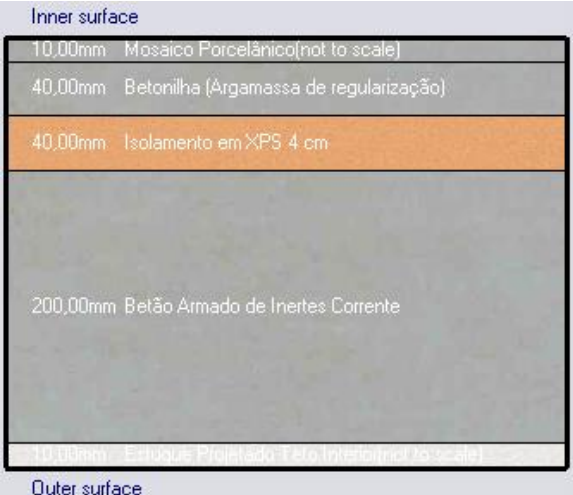
Coefficiente de Transmissão Térmica: Pavimentos Interiores			
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno	
0,67	1,65	II	
Avaliação:		OK	Regulamentar, de acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).

Figura 11: Composição dos pavimentos interiores (30 cm)

De acordo com os dados apresentados da Tabela 16, o coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos interiores obtido dos cálculos é de 0,67 W/m². °C, este valor está abaixo do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de 1,65 W/m². °C. Conclui-se que estes pavimentos interiores estão regulamentados de acordo com a legislação em vigor.

Pavimentos exteriores – Têm como acabamento mosaico cerâmico na cozinha e casas de banho, prevendo-se para os quartos, salas e zonas de distribuição a utilização de pavimento flutuante. Mas por motivo de simplificação de parametrização no *Design Builder* o valor mais crítico de condutibilidade térmica para o revestimento geral dos pavimentos interiores que é de revestimento de mosaico cerâmico, com 1,3 W/(m²°C), massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m³ e espessura de 0,010 m. A composição do pavimento interior é por: revestimento em mosaico cerâmico, com 1,3 W/(m²°C), massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m³ e espessura de 0,010 m, enchimento com betão

leve RECIPOLE, espessura de 0,040 m, isolamento térmico em poliestireno expandido extrudido (XPS) com massa volúmica aparente seca entre 25-40 kg/m³, espessura de 0,040 m, Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários), Betão Estrutural, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2300-2400 kg/m³, espessura de 0,200 m e reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre 1200-1500 kg/m³, espessura de 0,010 m.

A composição dos pavimentos exteriores se resume na Tabela 17 a seguir:

Tabela 17: Composição dos pavimentos exteriores (30 cm)

PAVIMENTOS EXTERIORES					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	λ[W/m² C]	R[m²C/W]
UP	1	Mosaico Porcelânico	0,010	1,3	0,008
	2	Betão Leve RECIPOLE (Argamassa de regularização)	0,040	1,8	0,02
	3	Isolamento em XPS	0,040	0,037	1,08
	4	Betão Armado de Inertes Correntes	0,200	2,0	0,10
DOWN	5	Estuque Projetado	0,010	0,56	0,02
				ΣRi	1,23

De acordo com a Tabela 17, os pavimentos exteriores têm a resistência térmica de 1,23 m²C/W, composto por cinco camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o isolamento em XPS com 1,08 m²C/W.

Para avaliação de requisitos dos pavimentos exteriores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 18 a seguir:

Tabela 18: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos Exteriores

Coefficiente de Transmissão Térmica: Pavimentos Exteriores		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
0,70	0,40	II




Figura 12: Composição das pavimentos exteriores (30 cm)

Avaliação:	NOK	Não Regularizar, de acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).
-------------------	-----	--

De acordo com os dados apresentados na Tabela 18, o coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos exteriores obtido dos cálculos é de 0,70 W/m². °C, este valor está muito acima do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de 0,40 W/m². °C. Conclui-se que estes pavimentos exteriores não estão regulamentados e não cumprem com os requisitos da legislação em vigor.

Pavimento em contacto com o solo – A composição do pavimento em contacto com o solo é por: revestimento em mosaico cerâmico, com 1,3 W/(m²°C), massa volúmica aparente seca de 2300 kg/m³ e espessura de 0,010 m, enchimento com betão leve RECIPOL, espessura de 0,040 m, Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários), Betão Estrutural, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2300-2400 kg/m³, espessura de 0,200 m, uma camada de manga plástica de impermeabilização de 300 Mycrons e massa volúmica aparente seca de 1000 kg/m³, condutividade 0,20 W/(m²°C) e espessura de 0,001 m, uma camada de brita

compactada de massa volúmica aparente seca compreendida entre 1700-2200 kg/m³, espessura de 0,150 m, uma camada de tout-venant de massa volúmica aparente seca compreendida entre 1700-2200 kg/m³, espessura de 0,150 m.

A composição dos pavimentos em contacto com o solo se resume na Tabela 19 a seguir:

Tabela 19: Composição do pavimento em contacto com o solo

PAVIMENTO EM CONTACTO COM O SOLO					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	λ[W/mº C]	R[m2ºC/W]
Interior	1	Mosaico Porcelânico	0,010	1,3	0,008
	2	Betão Leve RECIPO (Argamassa de regularização)	0,040	1,8	0,022
	3	Betão Armado	0,400	2,0	0,200
	4	Manga Plástica 300 Mycrons	0,001	0,2	0,005
	5	Brita compactada	0,150	2,0	0,075
Solo	6	Tout-Venant Compactada	0,150	2,0	0,075
ΣRi					0,385

De acordo com a Tabela 19, os pavimentos em contacto com o solo têm a resistência térmica de 0,385 m²ºC/W, composto por seis camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o betão armado com 0,200 m²ºC/W.

Para avaliação de requisitos dos pavimentos em contacto com o solo foi exposta resumidamente os dados na Tabela 20 a seguir:

Tabela 20: Avaliação de Requisitos dos Pavimentos em contacto com o Solo (Cave)


Coefficiente de Transmissão Térmica: Pavimentos em contacto com o Solo (Cave)		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
1,69	-	II
		
Avaliação:	-	Sem requisitos

Figura 13: Composição do pavimento em contacto com o solo

De acordo com os dados apresentados na Tabela 20, o coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos em contacto com o solo obtido dos cálculos é de 1,69 W/m². °C. Tendo em conta que para edifícios de habitação a legislação não estipula o limite máximo, conclui-se que para estes pavimentos em contacto com o solo não existe requisitos de avaliação de desempenho.

Cobertura e Terraços – A cobertura, plana designada de invertida, tem isolamento térmico e sistemas de telas impermeabilizantes conforme pormenores construtivos.

De acordo com ITE 50 da LNEC, uma cobertura invertida terá a seguinte configuração:

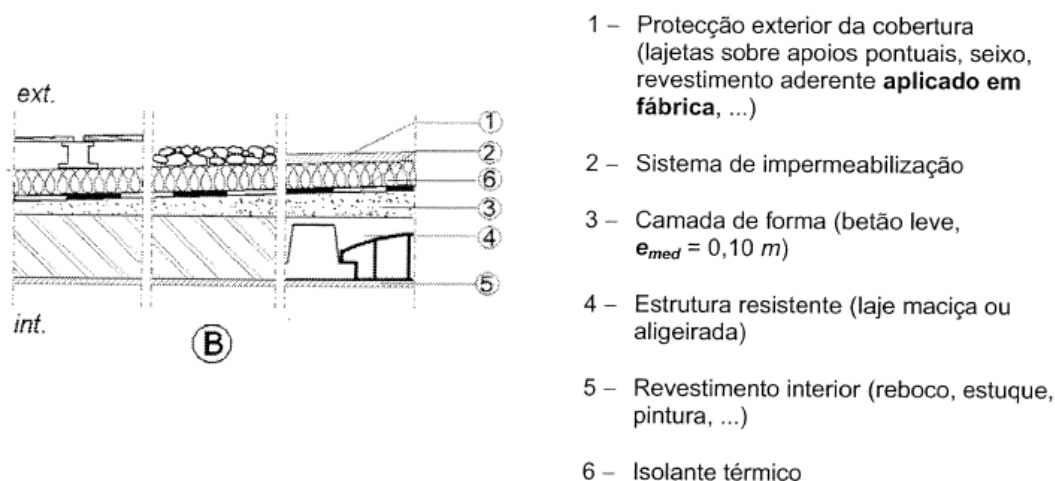


Figura 14: Composição de Coberturas Invertidas em Terraço (Fonte: ITE50 LNEC)

A composição da cobertura invertida deste projeto é por: Protecção exterior da cobertura em seixo, com massa volúmica aparente de 1800 kg/m^3 , com a condutividade térmica de $0,96 \text{ W/(m}^2\text{°C)}$, de acordo com CIBSE Guide A (2006)^[24] no *Design Builder* e espessura de 0,05 m, isolamento térmico em poliestireno expandido extrudado [XPS] com massa volúmica aparente seca entre $25\text{-}40 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,040 m, membrana flexível de impermeabilização com betume, com massa volúmica aparente seca entre $1000\text{-}1100 \text{ kg/m}^3$ e espessura de 0,005 m, camada de forma (Betão leve) com massa volúmica aparente seca entre $1800\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,10 m, Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários), Betão Estrutural, com massa volúmica aparente seca compreendida entre $2300\text{-}2400 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,200 m e reboco em estuque projetado, estuque fino sem inertes, com massa volúmica aparente seca entre $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^3$, espessura de 0,010 m.

A composição das coberturas exteriores em terraços se resume na Tabela 21 a seguir:

Tabela 21: Composição das coberturas exteriores em terraços

COBERTURAS EXTERIORES EM TERRAÇOS					
Sentido	Camadas	Material	e[m]	$\lambda[\text{W/m}^2\text{°C}]$	R[m ² °C/W]
OUT	1	Protecção exterior da cobertura em seixo	0,050	0,96	0,052
	2	Isolamento em XPS	0,040	0,04	1,08
	3	Membrana flexível impregnada com betume	0,005	0,23	0,02
	4	Betão Leve RECIPO (Argamassa de regularização)	0,100	1,80	0,06
	5	Betão Armado	0,200	2,00	0,10
IN	6	Estuque Projetado	0,010	0,56	0,02
ΣR_i					1,33

De acordo com a Tabela 21, as coberturas exteriores em terraços têm a resistência térmica de $1,33 \text{ m}^2\text{C}/W$, composta por seis camadas em que a camada com o maior contributo da resistência térmica é o isolamento em XPS com $1,08 \text{ m}^2\text{C}/W$.

Para avaliação de requisitos das coberturas exteriores em terraços foi exposta resumidamente os dados na Tabela 22 a seguir:

Tabela 22: Avaliação de Requisitos das Cobertura exteriores em Terraços


Coefficiente de Transmissão Térmica: Coberturas Exteriores em Terraços			
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno	
0,68	0,40	II	
Avaliação:	NOK	Não Regulamentar, de acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).	

Figura 15: Composição das coberturas em terraços

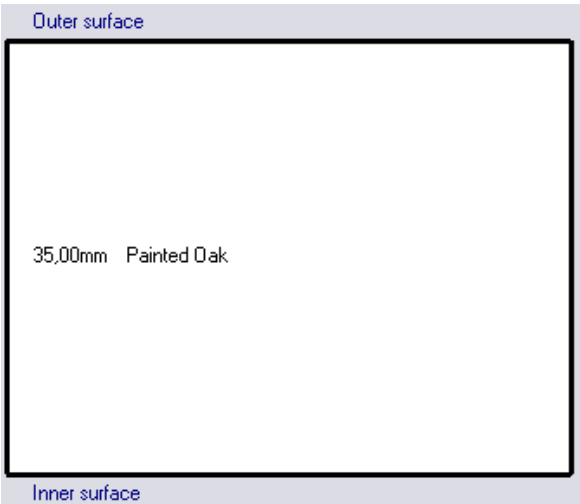
De acordo com os dados apresentados na Tabela 22, o coeficiente de transmissão térmica das coberturas exteriores em terraços obtido a partir dos cálculos é de $0,68 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$. Este valor está muito acima do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de $0,40 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$, o que leva a concluir que estas coberturas exteriores em terraços não estão regulamentados e não cumprem com os requisitos da legislação em vigor.

Portas Interiores e Exteriores – São compostas por uma folhas de madeira de carvalho com 3,5 cm de espessuras.

Para avaliação de requisitos das portas exteriores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 23 a seguir:

Tabela 23: Avaliação de Requisitos das Portas Exteriores

Coefficiente de Transmissão Térmica: Portas Exteriores		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
2,82	-	II



Outer surface

35,00mm Painted Oak

Inner surface

Figura 16: Composição das Portas Exteriores

Avaliação:

-

Sem requisitos

De acordo com os dados apresentados na Tabela 23, o coeficiente de transmissão térmica das portas exteriores obtido dos cálculos é de 2,82 W/m². °C, tendo em conta que para edifícios de habitação a legislação não estipula o limite máximo, conclui-se que para estas portas exteriores não existem requisitos de avaliação de desempenho.

Para avaliação de requisitos das portas interiores foi exposta resumidamente os dados na Tabela 24 a seguir:

Tabela 24: Avaliação de Requisitos das Portas Interiores

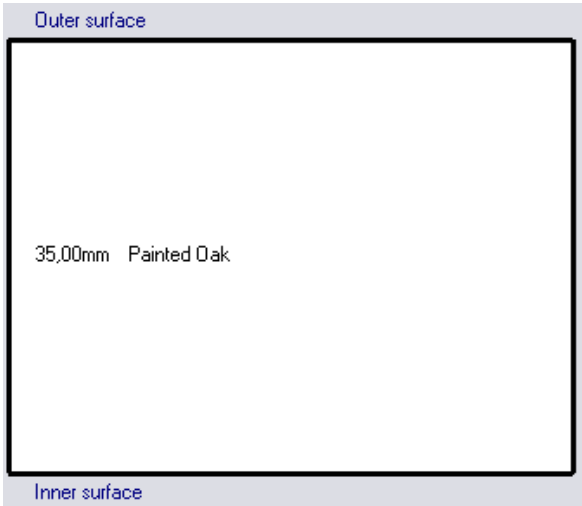
Coefficiente de Transmissão Térmica: Portas Interiores		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
2,82	-	II
 <p>Outer surface</p> <p>35,00mm Painted Oak</p> <p>Inner surface</p>		
Avaliação:	-	Sem requisitos


Figura 17: Composição das Portas Exteriores

De acordo com os dados apresentados na Tabela 24, o coeficiente de transmissão térmica das portas interiores obtido através dos cálculos é de 2,82 W/m². °C. Tendo em conta que para edifícios de habitação a legislação não estipula o limite máximo, conclui-se que para estas portas interiores não existem requisitos de avaliação de desempenho.

3.2.2. Envolvente Envidraçado:

Caixilharias – Os vãos envidraçados exteriores são em alumínio termolacado, protegidos por estores no mesmo material e cor. A caixilharia é em alumínio com corte térmico, sem quadrícula. O Vidro duplo tem baixa emissividade, com composição do exterior para o interior, por um vidro temperado da PLANICLEAR com 6 mm de espessura, câmara de ar de 16 mm de espessura e a camada interior com um vidro recozido da PLANICLEAR com 4 mm de espessura. Com base no simulador Calumen das características dos envidraçados da Saint-Gobain ^[25] foram obtidos os seguintes desempenhos térmicos do envidraçado apresentado na Tabela 25:

Tabela 25: Dados do desempenho térmico do vidro simulados (Fonte: Calumen - Saint-Gobain)

Tipo de Vidro	Dados de Desempenho Simulados	
 <p data-bbox="277 528 759 584">Vidro 1 PLANICLEAR (6mm) - Temperado</p> <p data-bbox="277 613 759 672">Câmara 1 AIR 16 mm</p> <p data-bbox="277 701 759 759">Vidro 2 PLANICLEAR (4mm) - Recozido</p>	<p data-bbox="815 322 1054 344">Factores Luminosos</p> <p data-bbox="815 344 1054 367">Transmissão Luminosa (TL)</p> <p data-bbox="815 367 1054 389">Reflexão Exterior (RLe)</p> <p data-bbox="815 389 1054 412">Reflexão Interior (RLI)</p>	<p data-bbox="1198 322 1367 344">CIE (15-2004)</p> <p data-bbox="1198 344 1367 367">82%</p> <p data-bbox="1198 367 1367 389">15%</p> <p data-bbox="1198 389 1367 412">15%</p>
	<p data-bbox="815 434 1054 456">Factores Energéticos</p> <p data-bbox="815 456 1054 479">Transmissão (TE)</p> <p data-bbox="815 479 1054 501">Reflexão Exterior (Ree)</p> <p data-bbox="815 501 1054 524">Reflexão Interior (Rei)</p> <p data-bbox="815 524 1054 546">Absorção A1 (Ae1)</p> <p data-bbox="815 546 1054 568">Absorção A2 (Ae2)</p>	<p data-bbox="1198 434 1367 456">EN410 (2011-04)</p> <p data-bbox="1198 456 1367 479">75%</p> <p data-bbox="1198 479 1367 501">13%</p> <p data-bbox="1198 501 1367 524">14%</p> <p data-bbox="1198 524 1367 546">8%</p> <p data-bbox="1198 546 1367 568">4%</p>
	<p data-bbox="815 598 1054 620">Factores Solares</p> <p data-bbox="815 620 1054 642">Factor Solar (g)</p> <p data-bbox="815 642 1054 665">Coeficiente de Sombreamento (SC)</p>	<p data-bbox="1198 598 1367 620">EN410 (2011-04)</p> <p data-bbox="1198 620 1367 642">0.78</p> <p data-bbox="1198 642 1367 665">0.90</p>
	<p data-bbox="815 694 1054 716">Transmissão Térmica</p> <p data-bbox="815 716 1054 739">Ug</p> <p data-bbox="815 739 1054 761">Ângulo em relação à vertical</p>	<p data-bbox="1198 694 1367 716">EN673-2011</p> <p data-bbox="1198 716 1367 739">2.7 W/(m2.K)</p> <p data-bbox="1198 739 1367 761">0°</p>

Para avaliação de requisitos dos vãos envidraçados foi exposta resumidamente os dados na Tabela 26 a seguir:

Tabela 26: Avaliação de Requisitos dos Vãos Envidraçados


Coeficiente de Transmissão Térmica: Vãos Envidraçados		
Solução [W/m ² . °C]	Referência [W/m ² . °C]	Zona Climática do Inverno
2,70	2,80	II
 <p data-bbox="815 1435 1302 1491">Vidro 1 PLANICLEAR (6mm) - Temperado</p> <p data-bbox="815 1525 1302 1581">Câmara 1 AIR 16 mm</p> <p data-bbox="815 1615 1302 1671">Vidro 2 PLANICLEAR (4mm) - Recozido</p>		
Avaliação:	OK	Regulamentar, de acordo com Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (Tabela 1).

Figura 18: Composição dos vãos envidraçados

De acordo com os dados apresentados na Tabela 26, o coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados obtido através dos cálculos é de $2,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Este valor está ligeiramente abaixo do valor máximo recomendado pelo regulamento que é de $2,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, o que permitiu concluir que estes vãos envidraçados estão regulamentados de acordo com a legislação em vigor.

3.2.3. Sistemas de Ventilação:

A ventilação da fração é promovida por meios naturais e sem dispositivos mecânicos de funcionamento permanente.

3.2.4. Sistema de Iluminação Interior

Para efeito de desempenho energético do edifício, levando em consideração a falta de informações das características das luminárias existentes dentro de cada apartamento, considerou-se a Densidade de Potência de Iluminação Instalada no Espaço (DPI_{inst}) em função do valor máximo de Densidade de Potência de Iluminação por 100 lux ($DPI_{100 \text{ lux}, máx}$) e iluminância de cada zona no interior do apartamento, conforme descrito pelo Manual SCE ^[26] pela seguinte equação:

$$DPI_{inst} = DPI_{100 \text{ lux}, máx} \times \frac{\bar{E}_{m \text{ req}}}{100} [(W/m^2)/100 \text{ lx}] \quad (2)$$

- $DPI_{100 \text{ lux}, máx}$: Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx, obtida de acordo com o disposto na portaria no n.º 12 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, $[(W/m^2)/100 \text{ lx}]$;
- $\bar{E}_{m \text{ req}}$: Iluminância média requerida no espaço, obtida através do Anexo IV do Manual SCE.

Aplicando a Equação (2) obtêm-se os valores de DPI_{inst} instalado conforme a Tabela 27:

Tabela 27: DPI_{inst} a considerar na avaliação do DEE em cada zona no interior dos apartamentos

Zonas Interiores	$DPI_{100\text{ lx,máx}}$ [$(W/m^2)/100\text{ lx}$]	$\bar{E}_{m\text{ req}}$ [Lx]	DPI_{inst} [W/m^2]
Sala de Refeições	2,3	300	6,9
Quarto	2,3	100	2,3
Cozinha	2,1	300	6,3
Hall	2,3	100	2,3
Instalação Sanitária	2,3	200	4,6

Os valores obtidos na Tabela 27 serão introduzidos no software *Design Builder* para efeito da simulação dos parâmetros da iluminação.

3.2.5. Consumo de AQS no Bloco D

Para efeito de cálculo de consumo energético dos apartamentos no Bloco D, foi necessário calcular a produção de Água Quente Sanitária [AQS] em cada apartamento associado ao Bloco D. Este cálculo foi baseado nos critérios do Manual SCE, e define que 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 (3):

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4,187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600} \quad kWh/ano \quad (3)$$

Em que:

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

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

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

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

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 (4):

$$M_{AQS} = 40 \cdot n_{oc} \cdot f_{eh} \text{ [litros]} \quad (4)$$

Em que:

n_{oc} : Número de ocupantes convencionais do edifício em função da tipologia;

f_{eh} : Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiro 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 28: Número de pessoas por tipologias

Tipologia	n_{oc}
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5
T5	6

O f_{eh} assume o valor de 0,9 para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior ou para sistemas de recuperação térmica das águas residuais para preparação de AQS. Ele assume um valor igual a 1 nos restantes casos, incluindo na ausência da referida certificação e rotulagem. Para este trabalho optou-se pelo valor de $f_{eh} = 1$.

Após aplicação da Equação (3) e (4) obtém-se os seguintes resultados de produção de AQS e consumo de energia associado apresentado na Tabela 29:

Tabela 29: Produção e consumo de AQS no Bloco D

Pisos	Bloco/Piso/Lado	Apartamento	Nº Ocupantes	M_{AQS} (litros/dia)	Q_a [kWh/ano]
Piso 0	D0A	T2	3	120	1782,96
	D0B	T3	4	160	2377,29
Piso 1	D1A	T2	3	120	1782,96
	D1B	T1	2	80	1188,64
	D1C	T3	4	160	2377,29
Piso 2	D2A	T2	3	120	1782,96
	D2B	T1	2	80	1188,64
	D2C	T3	4	160	2377,29
Piso 3	D3A	T3	4	160	2377,29
	D3B	T4	5	200	2971,61
Piso 4	D4A	T3	4	160	2377,29
	D4B	T4	5	200	2971,61
Piso 5	D5A	T3	4	160	2377,29
	D5B	T3	4	160	2377,29

O consumo total de energia associado a AQS de todos os apartamentos do Bloco D é aproximadamente de 30 310,39 kWh/ano.

3.3. Resultados da Simulação Energética no Software Design Builder

No software *Design Builder* foi feito a modelação energética de todo o condomínio, da cave até ao sótão, incluindo todos os blocos conforme apresentado na Figura 19:

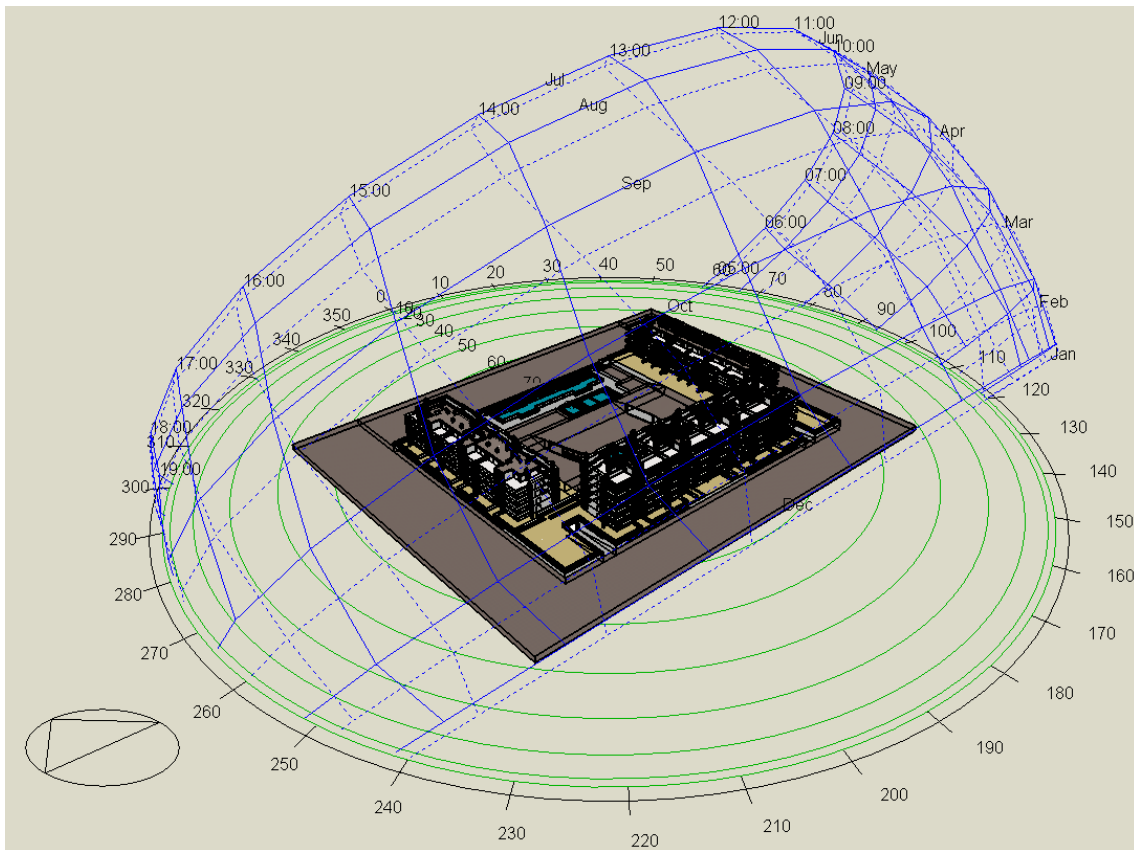


Figura 19: Modelação do condomínio no Design Builder

Considerando a escolha inicial justificada na página 7 e tendo em consideração a limitação do software em processar uma grande quantidade da informação, salienta-se que este estudo de simulação energética centra-se no Bloco D.

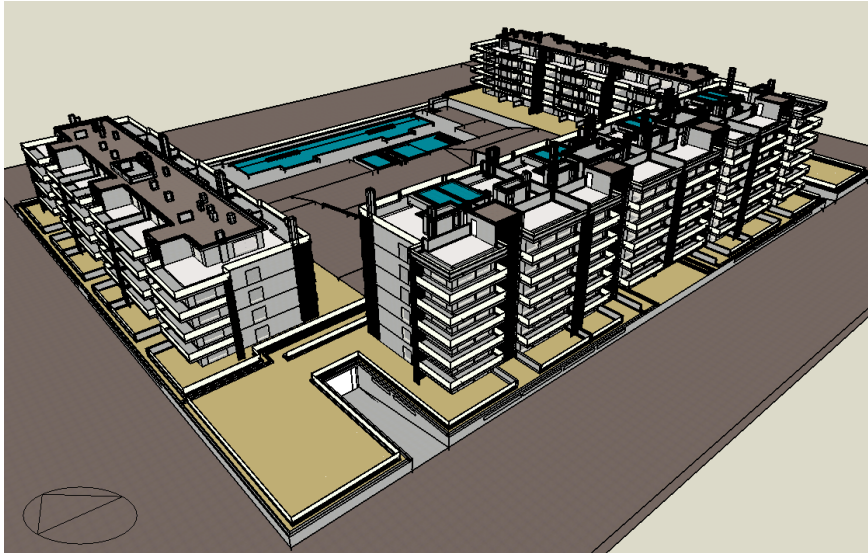


Figura 20: Modelação do condomínio no Design Builder

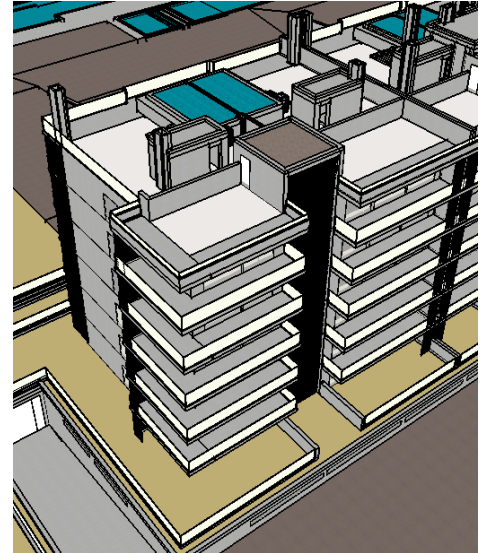


Figura 21: Bloco D

3.3.1. Sistemas de Climatização no Bloco D:

Tendo em consideração o interesse da gestão de condomínio em conhecer o consumo de energia no Bloco D e também, considerando a grande dimensão do condomínio bem como a limitação do *software Design Builder* em processar toda a quantidade da informação do condomínio, optou-se por centrar o estudo de consumo energético apenas no Bloco D que é composto por 5 pisos e num total de 14 apartamentos do tipo T1, T2, T3 e T4 distribuídos por pisos conforme ilustra a Tabela 30:

Tabela 30: Configuração do Bloco D

Pisos	Bloco/Piso/Lado	Apartamento
Piso 0	D0A	T2
	D0B	T3
Piso 1	D1A	T2
	D1B	T1
	D1C	T3
Piso 2	D2A	T2
	D2B	T1
	D2C	T3
Piso 3	D3A	T3
	D3B	T4
Piso 4	D4A	T3
	D4B	T4
Piso 5	D5A	T3
	D5B	T3

A simulação energética do Bloco D irá fornecer à gestão de condomínio informações do comportamento térmico dos elementos da envolvente, tais como : a potência de aquecimento e de arrefecimento dos equipamentos, a taxa de emissões de CO_2 por consumo da energia primaria do Bloco D, entre outras informações úteis que poderão servir de base de análise para futuras decisões de implementação de medidas de melhorias no consumo energético.

Para a simulação energética, recorreu-se à utilização do *software* de cálculo e simulação *Design Builder*, os dados para parametrização no *software* foram adquiridos com base nas informações já descritas nos capítulos anteriores deste trabalho, combinado com as visitas no campo e informações recebidas da gestão do condomínio.

Para os cálculos de ganhos térmicos considera-se os ganhos térmicos devidos à envolvente do espaço e os ganhos internos devido à ocupação, iluminação e equipamentos.

3.3.1.1. Sistema de Climatização Existente



Figura 22: Unidade Exterior VRF no Terraço

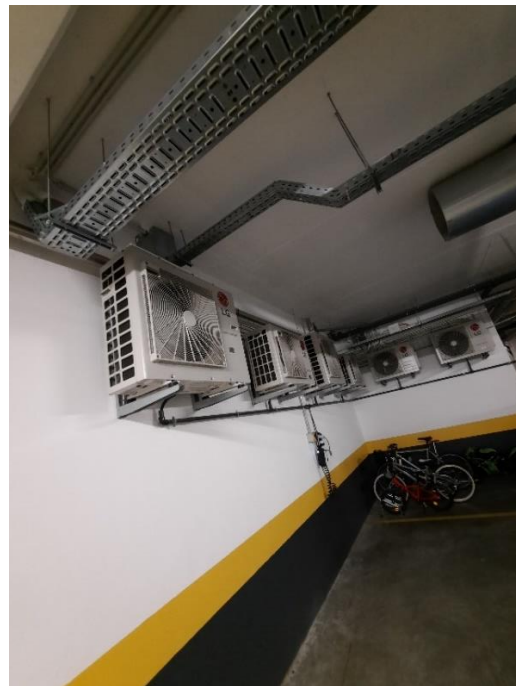


Figura 23: Unidade Exterior VRF no Piso -1

O sistema de climatização já instalado é do tipo expansão direta VRF, baseado em sistemas individuais por fração do tipo *Multi-Split* e as unidades exteriores foram instaladas e distribuídas no terraço e no Piso -1 conforme ilustra as Figuras 22 e 23.

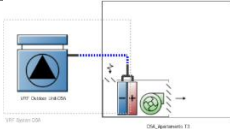
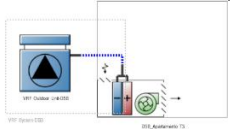
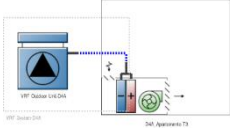
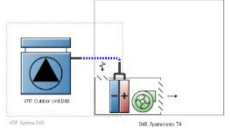
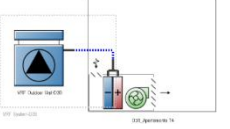
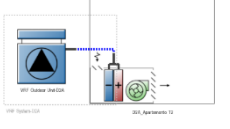
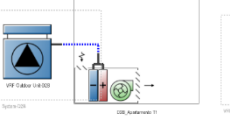
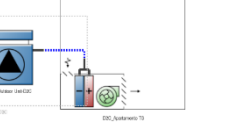
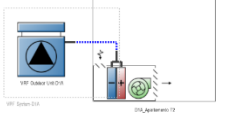
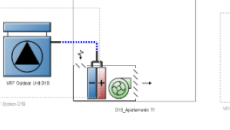
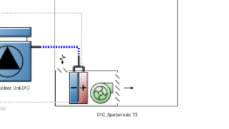
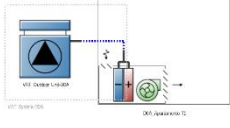
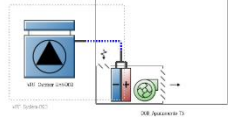
Com base no levantamento feito no campo, as unidades exteriores existentes são *inverter*, da marca LG e dispõem das seguintes características:

Tabela 31: Características do Sistema de Climatização Existente no Bloco D

Pisos	Bloco	Tipo	Potência de Frio (kW)	Potência de Aquecimento (kW)	COP	EER	Potência Elétrica no Fio (kW)	Potência Elétrica no Aquecimento (kW)
Piso 0	D0A	T2	5,3	6,3	5	4,75	1,1	1,3
	D0B	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2
Piso 1	D1A	T2	5,3	6,3	5	4,75	1,1	1,3
	D1B	T1	5,3	6,3	5	4,75	1,1	1,3
	D1C	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2
Piso 2	D2A	T2	5,3	6,3	5	4,75	1,1	1,3
	D2B	T1	5,3	6,3	5	4,75	1,1	1,3
	D2C	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2
Piso 3	D3A	T3	12,1	12,5	4,03	3	2,95	2,91
	D3B	T4	12,1	12,5	4,03	3	2,95	2,91
Piso 4	D4A	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2
	D4B	T4	12,1	12,5	4,03	3	2,95	2,91
Piso 5	D5A	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2
	D5B	T3	8,8	10,1	4,7	4,4	2	2,2

3.3.1.2. Potência de Aquecimento e Arrefecimento por Piso

Tabela 32: Potência das Unidades Exteriores por Piso

Piso	Potência	Apartamento 1	Apartamento 2	Apartamento 3
Piso 5	Cooling: 37,11 kW			
	Heating: 13,36 kW	D5A	D5B	
Piso 4	Cooling: 38,01 kW			
	Heating: 9,00 kW	D4A	D4B	
Piso 3	Cooling: 37,75 kW			
	Heating: 8,94 kW	D3A	D3B	D3C
Piso 2	Cooling: 24,18 kW			
	Heating: 8,37 kW	D2A	D2B	D2C
Piso 1	Cooling: 23,70 kW			
	Heating: 9,14 kW	D1A	D1B	D1C
Piso 0	Cooling: 17,90 kW			
	Heating: 11,12 kW	D0A	D0B	

De acordo com os dados apresentados na Tabela 32, nota-se que o Bloco D tem maior necessidade de potência para arrefecimento do que para aquecimento. O total de potência para arrefecimento é de 178,66 kW enquanto que o total da potência para aquecimento é de 59,94 kW.

3.3.1.3. Potência de Aquecimento Necessária

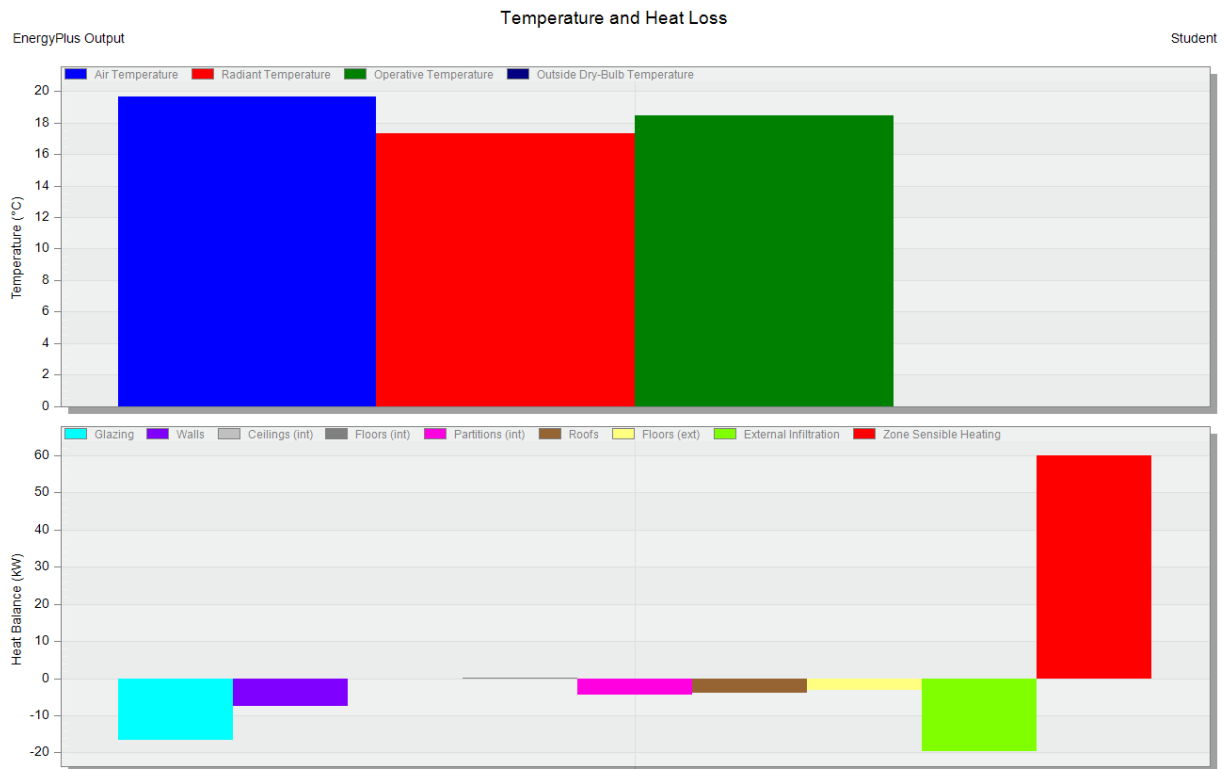


Gráfico 7: Representação dos ganhos e perdas térmicas nas envolturas do Bloco D

Tabela 33: Potência de Arrefecimento Necessária Para o Bloco D

Temperature and Heat Loss	
Air Temperature (°C)	19,66
Radiant Temperature (°C)	17,31
Operative Temperature (°C)	18,49
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	0,00
Glazing (kW)	-16,55
Walls (kW)	-7,39
Ceilings (int) (kW)	-0,16
Floors (int) (kW)	0,04
Partitions (int) (kW)	-4,52
Roofs (kW)	-3,88
Floors (ext) (kW)	-3,07
External Infiltration (kW)	-19,58
Zone Sensible Heating (kW)	59,94

De acordo com o resultado de simulação energética do Bloco D, representado na Tabela 33, com o resultado da potência de aquecimento necessária para aquecer todos os apartamentos do Bloco D é de 59,94 kW. Verifica-se que existe uma grande quantidade de perdas térmicas por infiltrações no valor de 19,58 kW.

3.3.1.4. Potência de Arrefecimento Necessária

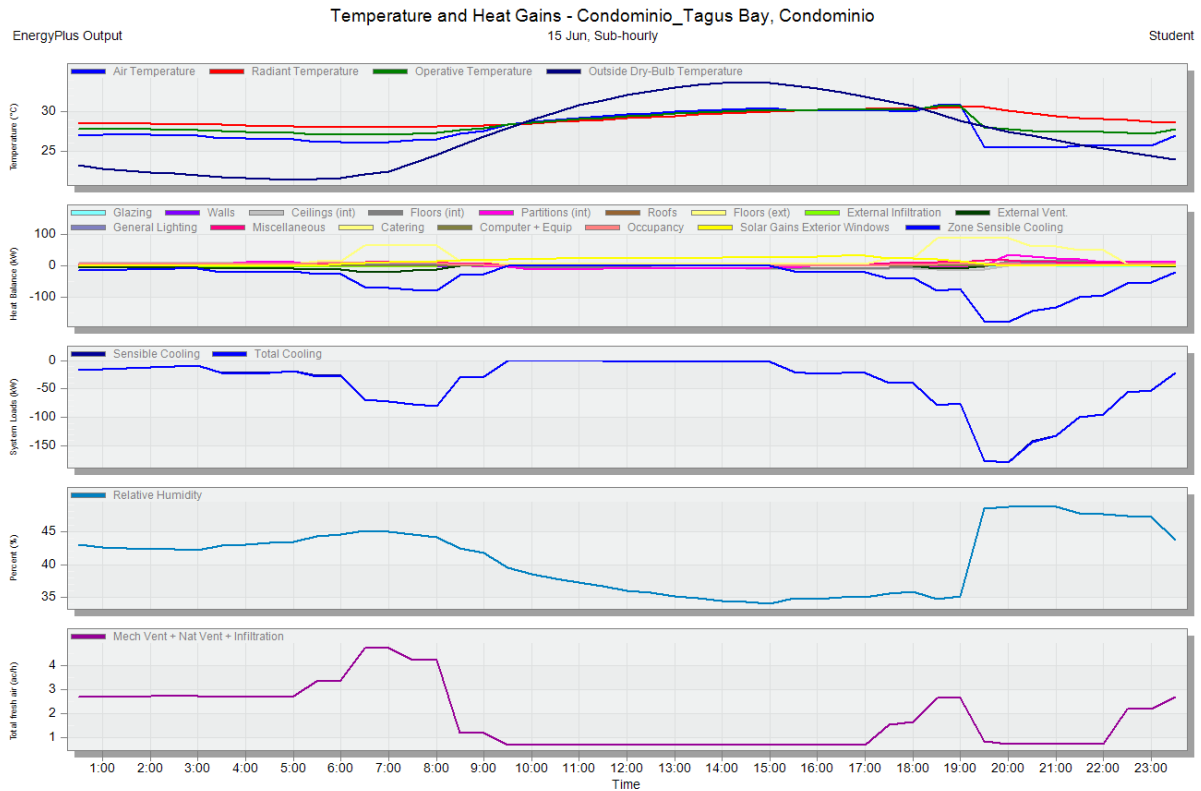


Gráfico 8: Temperaturas e ganhos térmicos no dia mais quente de estação de arrefecimento

Tabela 34: Valores de temperatura e ganhos térmicos no dia mais quente de estação de arrefecimento

EnergyPlus Output		Temperature and Heat Gains - Condominio_Tagus Bay, Condominio											Student
		15 Jun, Sub-hourly											
Time		2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	
Air Temperature (°C)		27,04	26,65	26,14	26,55	28,70	29,65	30,30	30,22	30,03	25,47	25,74	
Radiant Temperature (°C)		28,46	28,25	28,00	28,12	28,54	29,18	29,77	30,25	30,41	30,10	29,10	
Operative Temperature (°C)		27,75	27,45	27,07	27,34	28,62	29,41	30,04	30,23	30,22	27,78	27,42	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)		22,29	21,55	21,55	24,52	28,99	32,09	33,70	32,96	30,72	27,50	25,27	
Glazing (kW)		-4,58	-4,92	-4,29	-2,03	0,50	2,13	3,00	2,03	0,22	-2,04	-2,77	
Walls (kW)		-1,12	3,04	-1,19	-3,15	-3,61	-2,66	-1,82	5,07	1,96	8,85	2,73	
Ceilings (int) (kW)		7,03	8,12	8,68	4,62	-0,94	-6,04	-10,19	-12,02	-10,49	-0,41	4,50	
Floors (int) (kW)		4,28	4,96	5,16	0,26	-5,54	-8,00	-9,69	-9,79	-5,34	14,87	11,88	
Partitions (int) (kW)		3,77	11,06	5,60	-1,04	-11,75	-10,60	-8,90	2,87	0,66	33,59	11,01	
Roofs (kW)		2,00	1,96	1,77	0,77	-0,60	-1,43	-1,79	-1,43	-0,64	2,82	3,41	
Floors (ext) (kW)		1,37	1,38	1,37	0,93	-0,86	-1,31	-1,55	-1,61	-0,51	3,26	2,59	
External Infiltration (kW)		-4,23	-4,66	-4,20	-1,85	0,27	2,15	2,98	2,30	0,53	1,73	-0,41	
External Vent (kW)		-7,13	-9,07	-13,47	-12,17	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,33	-0,45	-0,59	
General Lighting (kW)		1,05	1,05	0,98	1,39	0,52	0,52	0,52	0,52	1,33	6,72	5,78	
Miscellaneous (kW)		1,99	1,99	3,81	9,83	3,93	3,93	3,93	3,93	7,85	16,31	8,90	
Catering (kW)		3,34	3,34	12,75	63,46	3,34	3,34	3,34	3,34	22,16	85,94	48,30	
Computer + Equip (kW)		0,01	0,01	0,01	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,15	0,12	
Occupancy (kW)		5,18	5,18	6,66	7,69	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	6,67	1,31	
Solar Gains Exterior Windows (kW)		0,00	0,00	5,66	13,50	20,02	21,97	23,89	27,99	21,10	0,00	0,00	
Zone Sensible Cooling (kW)		-11,84	-22,58	-27,15	-79,54	-1,27	-1,63	-2,00	-22,64	-39,90	-178,09	-95,13	
Sensible Cooling (kW)		-11,84	-22,58	-27,15	-79,54	-1,27	-1,63	-2,00	-22,64	-39,90	-178,09	-95,13	
Total Cooling (kW)		-12,02	-22,77	-27,34	-80,02	-1,27	-1,63	-2,00	-22,64	-39,90	-178,66	-95,15	
Relative Humidity (%)		42,31	42,97	44,55	44,19	38,60	36,07	34,51	34,75	35,85	48,77	47,58	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)		2,72	2,72	3,38	4,23	0,69	0,69	0,69	0,69	1,65	0,74	0,75	

De acordo com o resultado da simulação energética do Bloco D, representado no Gráfico 8 e Tabela 34, o valor da potência do sistema de arrefecimento a ser instalado para cobrir a necessidade de todos os apartamentos do Bloco D é de 178,66 kW. De salientar que este valor foi identificado na Tabela 34 como o valor máximo daquele dia, às 20:00 horas. Os valores da potência para a cozinha encontram-se na rubrica designada de *catering*.

3.3.1.5. Potência de Aquecimento e Arrefecimento Necessária por Apartamentos

Tabela 35: Potência Simulada e Instalada para Aquecimento e Arrefecimento por Apartamento no Bloco D

Pisos	Bloco/ Piso/ Lado	Apartamento	Potência de Aquecimento Simulada (kW)	Potência de Arrefecimento Simulada (kW)	Potência de Aquecimento Instalada (kW)	Potência de Arrefecimento Instalada (kW)
Piso 0	D0A	T2	5,21	13,32	6,3	5,3
	D0B	T3	5,92	12,71	10,1	8,8
Piso 1	D1A	T2	3,69	9,87	6,3	5,3
	D1B	T1	1,83	9,42	6,3	5,3
	D1C	T3	3,55	10,71	10,1	8,8
Piso 2	D2A	T2	3,71	10,61	6,3	5,3
	D2B	T1	1,61	9,28	6,3	5,3
	D2C	T3	3,08	10,66	10,1	8,8
Piso 3	D3A	T3	4,68	15,13	12,5	12,1
	D3B	T4	4,26	15,59	12,5	12,1
Piso 4	D4A	T3	4,63	15,40	10,1	8,8
	D4B	T4	4,4	15,37	12,5	12,1
Piso 5	D5A	T3	6,82	13,46	10,1	8,8
	D5B	T3	6,55	17,17	10,1	8,8
TOTAL	Bloco D		59,94	178,66	129,6	115,6

Potência de Aquecimento e Arrefecimento Simuladas e Instaladas no Bloco D:

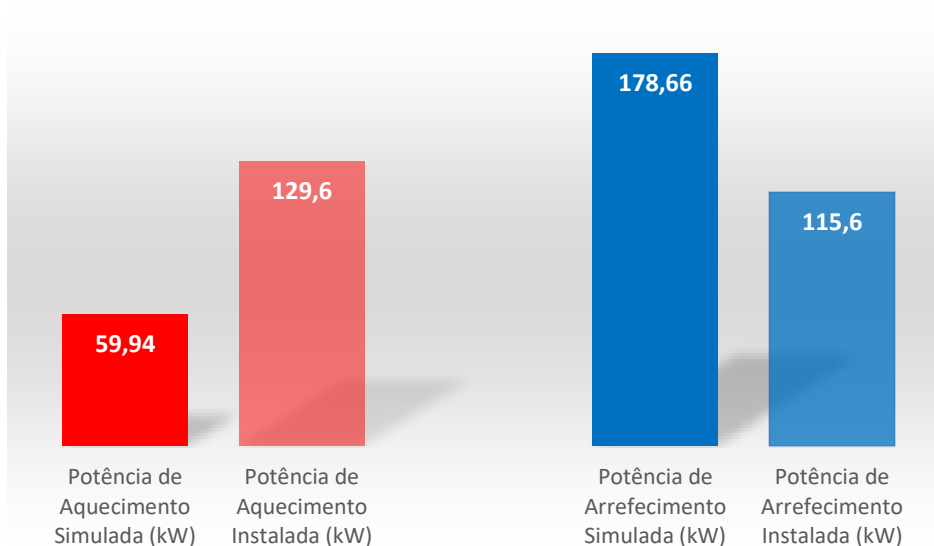


Gráfico 9: Potência de aquecimento e arrefecimento simulada e instalada

De acordo com os resultados da simulação apresentados na Tabela 35, a potência total necessária para aquecimento de todos os apartamentos no Bloco D é de 59,94 kW e a potência total necessária para arrefecimento dos mesmos espaços é de 178,66 kW. Porém, nota-se que a potência atual instalada para aquecimento é de 129,6 kW, muito superior ao que é realmente necessário. Neste caso, a instalação está sobredimensionada com a potência de aquecimento. Para a potência de arrefecimento, o valor instalado é de 115,6 kW, ou seja, abaixo do valor dimensionado, a instalação está subdimensionada para o arrefecimento.

Na Tabela 35 podemos constatar que os valores da potência de arrefecimento nos pisos 3, 4 e 5 são os maiores de todos, isto devido ao facto daqueles apartamentos serem maiores do que os outros, mesmo sendo da mesma tipologia.

Também pode-se verificar que a necessidade de potência de aquecimento é muito inferior comparando com valor de potência de arrefecimento 59,94 kW e 178,66 kW respetivamente.

3.3.2. Indicadores do uso de Energia Primária:

3.3.2.1. Necessidades nominais anuais de energia primária

Com a simulação do *Design Builder* foram obtidos os consumos de energia, final e primária, conforme os dados apresentados na Tabela 36 à seguir:

Tabela 36: Resultado de Simulação das Necessidades nominais anuais de energia primária

Program Version: EnergyPlus, Version 9.4.0-217a24fc09, YMD=2024.11.25 08:18

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Building

Environment: CONDOMINIO_TAGUS BAY (01-01:31-12) ** Alcochete NUTS3 PRT LNEG WMO#=888888

Simulation Timestamp: 2024-11-25 09:51:54

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2024-11-25 09:51:54

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	316801.07	210.53	248.40
Net Site Energy	316801.07	210.53	248.40
Total Source Energy	0.00	0.00	0.00
Net Source Energy	792002.68	526.34	621.00

De acordo com os dados resultantes da simulação energética, print da Tabela 36, por um período de simulado de 1 ano, o valor das necessidades nominais anuais de energia final é de 316801,07 kWh, equivalente a 792002,68 kWh_{EP}.

3.3.2.2.Custo de Energia Elétrica Consumida Mensal e Anualmente

Tabela 37: Custo de energia anual

Report: **Economics Results Summary Report**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2024-11-25 09:51:54**

Annual Cost

	Electricity	Natural Gas	Other	Total
Cost [€]	66329.73	0.00	0.00	66329.73
Cost per Total Building Area [€/m ²]	44.08	0.00	0.00	44.08
Cost per Net Conditioned Building Area [€/m ²]	52.01	0.00	0.00	52.01

De acordo com a Tabela 37, constata-se que a única fonte de energia considerada é a eletricidade, com um custo anual de 66329,73 €. Tendo um rácio de 52,01 €/m².

Tabela 38: Custo médio mensal de consumo de energia

Categories

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Sum	Max
EnergyCharges (€)	5605.90	5066.95	5610.71	5453.25	5580.26	5346.09	5497.62	5477.46	5380.96	5637.91	5514.78	5664.65	65836.53	5664.65
DemandCharges (€)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ServiceCharges (€)	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	493.20	41.10
Basis (€)	5647.00	5108.05	5651.81	5494.35	5621.36	5387.19	5538.72	5518.56	5422.06	5679.01	5555.88	5705.75	66329.73	5705.75
Adjustment (€)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surcharge (€)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subtotal (€)	5647.00	5108.05	5651.81	5494.35	5621.36	5387.19	5538.72	5518.56	5422.06	5679.01	5555.88	5705.75	66329.73	5705.75
Taxes (€)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total (€)	5647.00	5108.05	5651.81	5494.35	5621.36	5387.19	5538.72	5518.56	5422.06	5679.01	5555.88	5705.75	66329.73	5705.75

Na Tabela 38 nota-se que a composição do custo da energia tem um encargo fixo com serviços de assistência técnica, contribuição audiovisual, taxas e impostos no valor de 41,10 € mensais, que será acrescido do valor do custo da energia. Também se nota que o valor máximo mensal pago durante um ano é de 5705,75 €, de realçar que este valor engloba os custos mensais dos 14 apartamentos do Bloco D distribuídos nos 5 pisos. Também é de interesse alertar que o custo de energia apresentado neste estudo foi baseado num perfil horário estimado, ou seja, não correspondendo ao perfil real de cada

apartamento, tendo em conta a dificuldade de obtenção dessas informações junto dos moradores.

3.3.2.3. Necessidade nominais anuais de energia primária (N_{tc})

As necessidades nominais anuais de energia primária N_{tc} correspondem ao total de energia primária para satisfazer anualmente as necessidades de aquecimento e arrefecimento ambiente e de preparação de AQS, bem como para funcionamento dos sistemas de ventilação mecânica, subtraindo a este total a contribuição das fontes de energia renovável para estes usos, conforme a Equação (5) [26]. Nesta equação, as necessidades de energia úteis para os vários usos regulados são convertidas para consumos de energia final, afetando as mesmas a eficiência dos sistemas técnicos, estes consumos convertidos para energia primária, através do fator de conversão (F_{pu}).

$$\begin{aligned}
 N_{tc} = & \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_j \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Em, [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]

Onde:

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

N_{ic} : Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

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

N_v : Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [$kWh/(m^2 \cdot ano)$];

$f_{v,k}$: 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 de referência do sistema k;

$W_{vm,j}$: 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 [m^2];

δ_i : Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento, assume o valor 1 neste projeto [26];

δ_v : Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento, assume o valor 1 neste projeto [26];

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

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

3.3.2.4. Necessidade nominais anuais de energia primária de referência (N_t)

De acordo com o Manual SCE, as necessidades nominais anuais de energia primária de referência (N_t) correspondem ao total de energia 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, conforme a Equação (6):

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_{aref} / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad (6)$$

Em, [kWh_{EP}/(m².ano)]

Onde:

N_t : Necessidades nominais anuais de energia primária de referência [kWh_{EP}/(m².ano)];

N_i : Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência [kWh/(m².ano)];

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

N_v : Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência [kWh/(m².ano)];

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

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

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

$\eta_{ref,k}$: Eficiência de referência do sistema k, obtida através da Tabela 99 do Manual SCE;

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

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

Aplicando os seguintes valores nas Equações (5) e (6),

Tabela 39: Valores das eficiências retiradas dos equipamentos instalados

Pisos	Bloco/ Piso/ Lado	Eficiência de Sistema de Aquecimento Instalado (COP)	Eficiência de Sistema de Arrefecimento Instalado (EER)	Eficiência de Sistema de AQS Instalado (Caldeira mural à gás, BAXI)	Fator $f_{i,k} = f_{v,k} = f_{a,k}$
Piso 0	D0A	5	4,75	1,05	1
	D0B	4,7	4,4	1,05	1
Piso 1	D1A	5	4,75	1,05	1
	D1B	5	4,75	1,05	1
	D1C	4,7	4,4	1,05	1
Piso 2	D2A	5	4,75	1,05	1
	D2B	5	4,75	1,05	1
	D2C	4,7	4,4	1,05	1
Piso 3	D3A	4,03	3	1,05	1
	D3B	4,03	3	1,05	1
Piso 4	D4A	4,7	4,4	1,05	1
	D4B	4,03	3	1,05	1
Piso 5	D5A	4,7	4,4	1,05	1
	D5B	4,7	4,4	1,05	1

Tabela 40: Valores das eficiências de referência e fator de conversão de energias em energia primária de acordo com Manual SCE

Pisos	Bloco/ Piso/ Lado	Eficiência de Referência de Sistema de Aquecimento (VRF permuta exterior a Ar)	Eficiência de Referência de Sistema de Arrefecimento (VRF permuta exterior a Ar)	Eficiência de Referência de Sistema de AQS (Caldeira mural à gás)	Fator de Conversão de Energia Final em Energia Primária- F_{pu} (Eletricidade) [kWh_{EP}/kWh]	Fator de Conversão de Energia Final em Energia Primária- F_{pu} (Gás Natural) [kWh_{EP}/kWh]
Piso 0	D0A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D0B	3,40	3,00	0,89	2,5	1
Piso 1	D1A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D1B	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D1C	3,40	3,00	0,89	2,5	1
Piso 2	D2A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D2B	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D2C	3,40	3,00	0,89	2,5	1
Piso 3	D3A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D3B	3,40	3,00	0,89	2,5	1
Piso 4	D4A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D4B	3,40	3,00	0,89	2,5	1
Piso 5	D5A	3,40	3,00	0,89	2,5	1
	D5B	3,40	3,00	0,89	2,5	1

Tabela 41: Necessidade de Energia útil para aquecimento e arrefecimento, para cálculo de N_{tc} e N_t

Pisos	Bloco/Piso/ Lado	Apartamento	Área Interior Útil de Pavimento [m^2]	Energia Útil para Aquecimento- N_{ic} [$kWh/(m^2 \cdot ano)$]	Energia Útil para Arrefecimento- N_{vc} [$kWh/(m^2 \cdot ano)$]	Energia Útil para Preparação de AQS- Q_a [kWh/ano]
Piso 0	D0A	T2	73,74	22,49	10374,93	1782,96
	D0B	T3	102,61	29,42	13373,05	2377,29
Piso 1	D1A	T2	65,99	20,13	9284,53	1782,96
	D1B	T1	45,2	13,79	6359,46	1188,64
	D1C	T3	90,34	25,90	11773,92	2377,29
Piso 2	D2A	T2	52,9	16,13	7442,82	1782,96
	D2B	T1	45,2	13,79	6359,46	1188,64
	D2C	T3	90,34	25,90	11773,92	2377,29
Piso 3	D3A	T3	105,81	26,01	9402,35	2377,29
	D3B	T4	126,98	31,21	11283,53	2971,61
Piso 4	D4A	T3	105,81	30,33	13790,11	2377,29
	D4B	T4	124,38	30,58	11052,49	2971,61
Piso 5	D5A	T3	103,17	29,58	13446,04	2377,29

D5B	T3	129,86	37,23	16924,52	2377,29
-----	----	--------	-------	----------	---------

Tabela 42: Necessidade de Energia final para aquecimento e arrefecimento, para cálculo N_{tc}

Pisos	Bloco/ Piso/ Lado	Apartamento	Área Interior Útil de Pavime nto [m^2]	Energia Final para Aquecimento- N_{ic} [$kWh_{EF}/(m^2 \cdot ano)$]	Energia Final para Arrefecimento- N_{vc} [$kWh_{EF}/(m^2 \cdot ano)$]	Energia Final para Preparação de AQS- Q_a [kWh_{EF}/ano]
Piso 0	D0A	T2	73,74	4,50	2184,19	23,03
	D0B	T3	102,61	6,26	3039,33	22,06
Piso 1	D1A	T2	65,99	4,03	1954,64	25,73
	D1B	T1	45,2	2,76	1338,83	25,05
	D1C	T3	90,34	5,51	2675,89	25,06
Piso 2	D2A	T2	52,9	3,23	1566,91	32,10
	D2B	T1	45,2	2,76	1338,83	25,05
	D2C	T3	90,34	5,51	2675,89	25,06
Piso 3	D3A	T3	105,81	6,45	3134,12	21,40
	D3B	T4	126,98	7,75	3761,18	22,29
Piso 4	D4A	T3	105,81	6,45	3134,12	21,40
	D4B	T4	124,38	7,59	3684,16	22,75
Piso 5	D5A	T3	103,17	6,29	3055,92	21,95
	D5B	T3	129,86	7,92	3846,48	17,43

Tabela 43: Necessidade de Energia final de referência para aquecimento e arrefecimento, para cálculo N_t

Pisos	Bloco/ Piso/ Lado	Apartamento	Área Interior Útil de Pavimento [m^2]	Energia Final de Referência para Aquecimento- N_i [$kWh_{EF}/(m^2 \cdot ano)$]	Energia Final de Referência para Arrefecimento- N_v [[$kWh_{EF}/(m^2 \cdot ano)$]]	Energia Final de Referência para Preparação de AQS- Q_{aref} [kWh_{EF}/ano]
Piso 0	D0A	T2	73,74	6,61	3458,31	27,17
	D0B	T3	102,61	8,65	4457,68	26,03
Piso 1	D1A	T2	65,99	5,92	3094,84	30,36
	D1B	T1	45,2	4,05	2119,82	29,55
	D1C	T3	90,34	7,62	3924,64	29,57
Piso 2	D2A	T2	52,9	4,75	2480,94	37,87
	D2B	T1	45,2	4,05	2119,82	29,55
	D2C	T3	90,34	7,62	3924,64	29,57
Piso 3	D3A	T3	105,81	7,65	3134,12	25,24
	D3B	T4	126,98	9,18	3761,18	26,29
Piso 4	D4A	T3	105,81	8,92	4596,70	25,24
	D4B	T4	124,38	8,99	3684,16	26,84
Piso 5	D5A	T3	103,17	8,70	4482,01	25,89
	D5B	T3	129,86	10,95	5641,51	20,57

3.3.2.5. Resultados do Cálculo da Necessidade Nominais Anuais de Energia Primária e de Energia Primária de Referência (N_{tc} e N_t):

Tabela 44: Resultado do Cálculo da Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária e de Energia Primária de Referência (N_{tc} e N_t)

Pisos	Bloco/Piso/Lado	Apartamento	Necessidades nominais anuais de energia primária de referência- N_t [kWh _{EP} /ano]	Necessidade de Energia Primária Previstas- N_{tc} [kWh _{EP} /ano]
Piso 0	D0A	T2	8689,48	5494,76
	D0B	T3	11191,87	7636,04
Piso 1	D1A	T2	7782,27	4922,39
	D1B	T1	5339,23	3379,02
	D1C	T3	9860,21	6728,56
Piso 2	D2A	T2	6252,08	3957,44
	D2B	T1	5339,23	3379,02
	D2C	T3	9860,21	6728,56
Piso 3	D3A	T3	7879,66	7872,82
	D3B	T4	9452,18	9444,59
Piso 4	D4A	T3	11539,31	7872,82
	D4B	T4	9259,73	9252,13
Piso 5	D5A	T3	11252,67	7677,47
	D5B	T3	14151,71	9653,44

3.3.2.6. Classes de Eficiência Energética dos Apartamento do Bloco D

Conforme já citado nos capítulos anteriores, a classe energética de edifícios de habitação é determinada em função do rácio de classe energética (R_{Nt}) da Equação (1), que resulta da relação entre as necessidades nominais de energia primária de referência e previstas. A classe energética é obtida pela correspondência entre o valor de R_{Nt} e os intervalos apresentados na Tabela 1:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (1)$$

Em que:

N_{tc} – Necessidades nominais anuais de energia primária;

N_t – Necessidade nominais anuais de energia primária de referência;

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

Aplicando a Equação (1), obtém-se os seguintes resultados da classe energética dos apartamentos do Bloco D:

Tabela 45: Classe Energética dos Apartamentos do Bloco D de acordo com a Simulação Energética

Pisos	Bloco/Piso/Lado	Apartamento	Classe Energética- R_{Nt}	Classe Energética- R_{Nt} (Etiqueta)
Piso 0	D0A	T2	0,63	B
	D0B	T3	0,68	B
Piso 1	D1A	T2	0,63	B
	D1B	T1	0,63	B
	D1C	T3	0,68	B
Piso 2	D2A	T2	0,63	B
	D2B	T1	0,63	B
	D2C	T3	0,68	B
Piso 3	D3A	T3	1,00	B-
	D3B	T4	1,00	B-
Piso 4	D4A	T3	0,68	B
	D4B	T4	1,00	B-
Piso 5	D5A	T3	0,68	B
	D5B	T3	0,68	B

De acordo com os resultados de cálculos da classe de eficiência energética apresentados na Tabela 45, constata-se que dois apartamentos do Piso 3 (D3A e D3B) e um apartamento do Piso 4 (D4B) estão classificados como B-, enquanto todos os restantes estão classificados com a classe B. De salientar que estas classificações a partir de dados de simulação energética realizada está abaixo dos resultados apresentados nos pré-certificados energéticos destes apartamentos, ou seja, os apartamentos tem maior consumo de energia do que foi previsto nos pré-certificados energéticos exigido na fase de licenciamento.

3.3.2.7. Emissões de CO_2 Associado ao Consumo de Energia no Bloco D

Para determinação da quantidade de CO_2 emitido anualmente no Bloco D associado ao consumo de energia, considerou-se que toda a energia utilizada provém da eletricidade, exceto a produção de AQS, que uma boa parte provém de painéis solares térmicos. Neste cálculo de emissões de CO_2 negligencia-se a pequena parcela de AQS que é produzida pela caldeira mural a gás natural de forma esporádica, pelo que será

considerado o total de energia primária, o valor obtido da simulação energética no *Design Builder*, conforme a Tabela 46:

Tabela 46: Energia Final e Energia Primária Total Anual do Bloco D

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	316801.07	210.53	248.40
Net Site Energy	316801.07	210.53	248.40
Total Source Energy	0.00	0.00	0.00
Net Source Energy	792002.68	526.34	621.00

Aplicando os coeficientes de conversões, obtém-se os seguintes resultados de emissões de CO_2 apresentado na Tabela 47:

Tabela 47: Emissões de CO_2 no Bloco D

Nº	Ano	Energia Final [kWh _{EF}]	Fator de Conversão para Energia Primário [F_{pu}]	Fator de Conversão de Energia Primária para Emissão de CO ₂ [kgCO ₂ /kWh _{EP}]	Total de Emissão de CO ₂ [kgCO ₂] Anual
1	Consumo total de energia final em todos os apartamentos do Bloco D	792002,68	2,50	0,144	285120,96
TOTAL ANUAL					285120,96

Conforme os dados da Tabela 47, o Bloco D tem anualmente a emissão de 285120,96 kgCO₂ anual associado ao consumo de energia.

3.3.2.8. Medidas de Melhorias para redução de consumo

Para este estudo de simulação energética do Bloco D, constata-se que existe uma forte possibilidade de reduzir o consumo de energia associada ao aquecimento dos espaços, uma vez que a potência de aquecimento da simulação aponta para um valor muito abaixo da real instalada. No entanto, recomenda-se um levantamento exaustivo de todas as cargas térmicas existentes dos equipamento afim de perceber o perfil horário de funcionamento de cada um deles, o mais próximo do real possível para se poder tomar uma decisão mais assertiva. Isto porque, devido à limitação de acesso para o interior dos apartamentos não foi possível trabalhar o perfil e as cargas dos equipamentos com maior

precisão e fiabilidade, pelo que não se podem apresentar medidas de melhorias nesta seção.

3.4. Inspeção aos Sistemas Técnicos das Zonas Comuns para Identificação de Medidas de Melhoria

3.4.1. Iluminação da Cave (Piso -1)

Como referido anteriormente, o Piso -1 é usado para o estacionamento das viaturas dos moradores, esta zona tem uma configuração em U que vai desde o Bloco A à J e em toda a sua extensão existem interligações com esses Blocos. Esta zona é toda coberta por iluminação do tipo LED tubular com balastro eletrónico, comandados por sensores de movimento e divididos em vários circuitos agrupados de 4 luminárias que acendem de forma faseada em função da presença do movimento em cada parcela do espaço.

A Figura 24 ilustra o formato do Piso -1 e distribuição das luminárias:

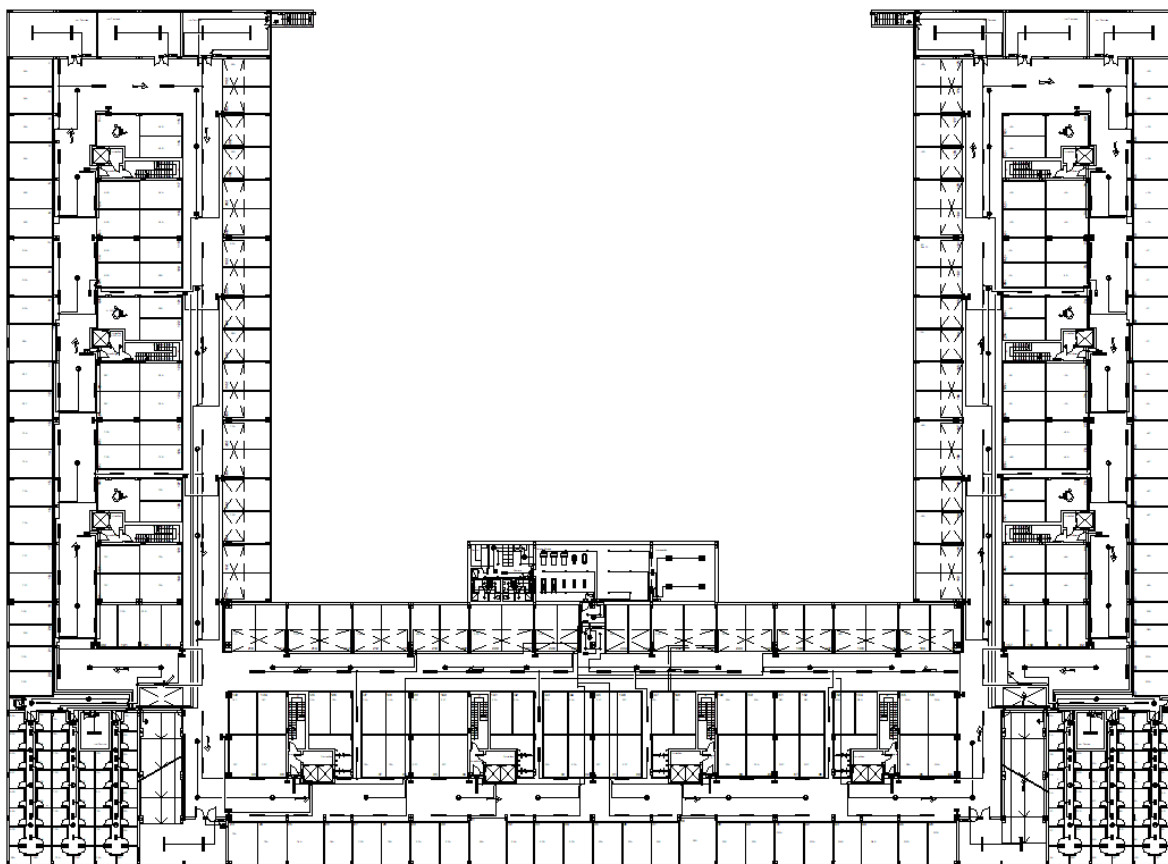


Figura 24: Layout com circuito de iluminação da Cave (Fonte: Projeto Eletricidade do Condomínio)

Esta zona possui um total de 157 luminárias comandadas por 58 sensores de movimentos com potência de 0,5 W cada, por além dessas luminárias existem outras

luminárias de emergência permanente e não comandadas. Estas luminárias não serão consideradas para efeito desse estudo, uma vez que é de baixo consumo e considera-se que cumpre com os requisitos da lei relacionados com a iluminação de emergência. Neste sentido, permanecem nas suas características e quantidades pré-definidas no projeto de iluminação de emergência.

Tendo em conta o objetivo principal da inspeção técnica do sistema de iluminação deste piso de encontrar medidas de melhorias na redução de consumo da energia elétrica, foi iniciado este processo com uma visita guiada ao espaço com a presença do responsável do condomínio para auxiliar no fornecimento das informações necessárias.

Numa primeira observação, verificou-se que existe uma constante entrada e saídas de viaturas. Essas entradas são feitas pelo portão ao lado do Bloco G e as saídas pelo portão ao lado do Bloco D. A movimentação de viaturas no interior, muitas vezes fazem acender todas as luminárias de forma sequencial, o que se explica pela necessidade de ir até à outra extremidade da cave. Para além da movimentação de viaturas, verificaram-se movimentações de pessoas que saem e entram pela cave de todos os blocos para aceder às viaturas ou para sair delas e entrar num dos blocos. Com essa observação estima-se que em cada 30 min todas as luminárias acendem pelo menos duas vezes.

Verifica-se também que os tempos programados para cada grupo de luminárias não são iguais, ou seja, existem grupos de luminárias que acendem durante 3 min enquanto outros grupos acendem durante 5 min e outros ainda com um tempo ainda maior. De realçar que esta discrepância no tempo programado não tem nenhuma correlação com o uso de espaço, porque na mesma zona existem grupos de luminárias com programação diferentes. Para efeito deste estudo e com base na observação, fez-se uma média do tempo de funcionamento geral de 5 min de funcionamento por grupo de luminárias.

3.4.1.1. Funcionamento das luminárias do Piso -1

A Figura 25 é a via de circulação no Piso -1 e representa o momento em que acabou de passar uma viatura em sentido do Bloco D ao Bloco G e deixou todas as luminárias daquela via acesas durante aproximadamente 5 min. Esta situação se repete para as demais zonas de circulação na cave.

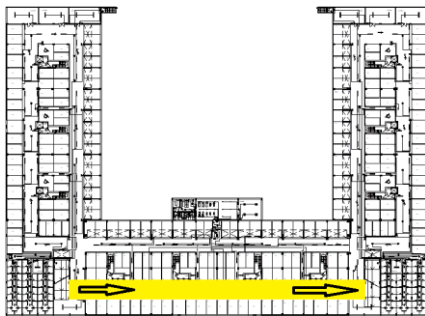


Figura 25: Luminárias acesas após passagem da viatura

3.4.1.2. Característica das luminárias no Piso -1



- Nome de produto:** MAS LEDtube 1500mm HO 18.2W 840 T8
- Marca:** PHILIPS
- Tensão:** 220-240V
- Potência Nominal:** 18,2W
- Fator de Potência:** 0,9
- Fluxo Luminoso:** 3.100 lm
- Temperatura da Cor:** 4000 K
- Eficiência Luminosa:** 170 lm/W
- Comprimento:** 1.500 mm
- Vida Útil Nominal:** 75.000 h
- Classe de Eficiência Energética:** C

Figura 26: Luminárias Existentes no Piso -1

3.4.1.3. Curva de variação do fluxo luminoso das luminárias em função do tempo

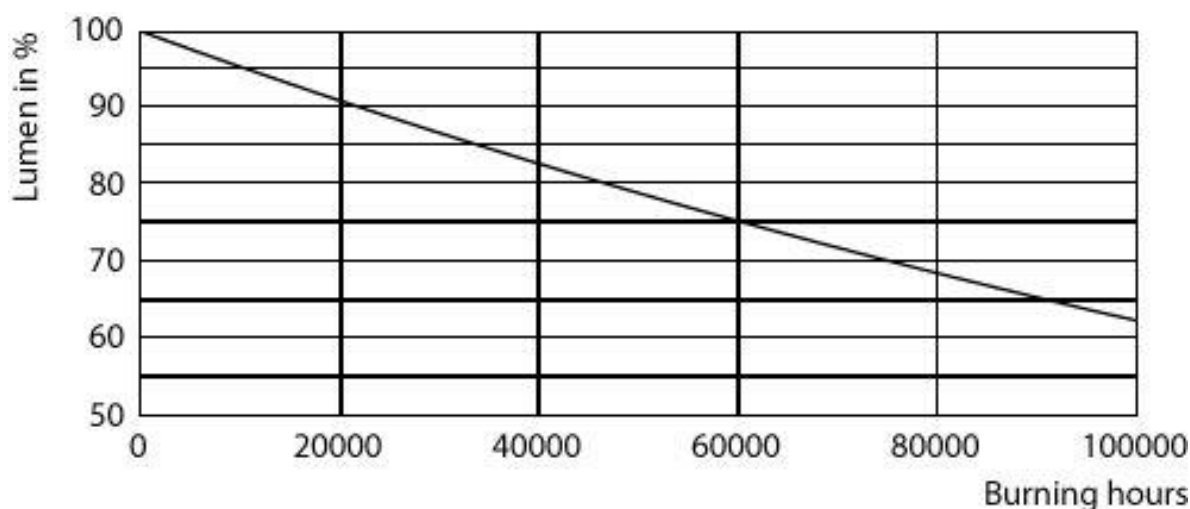


Figura 27: Curva da variação do fluxo luminoso em função do tempo de uso (Fonte: PHILIPS)^[27]

3.4.1.4. Resultados de Medição da Iluminância no Piso -1

Foi medida a iluminância em 15 pontos distintos que englobam toda a extensão do piso -1, a altura do nível do pavimento e obtiveram-se os seguintes resultados da iluminância:

Tabela 48: Medições de Iluminância no Piso -1

Medições	Valores	Unidade
1	117,1	lx
2	114,8	lx
3	130,5	lx
4	131,3	lx
5	132,0	lx
6	111,3	lx
7	133,4	lx
8	81,8	lx
9	117,6	lx
10	120,5	lx
11	135,0	lx
12	136,1	lx
13	85,4	lx
14	124,5	lx
15	85,5	lx
Média	117,12	lx



Figura 28: Luxômetro digital Fluke LM-120 usado nas medições (Fonte: Autor)

De acordo com os resultados de medições da iluminância apresentado na Tabela 48, nas 15 medições feitas, tem-se uma média de iluminância de 117,12 lx. De salientar que foi usado o aparelho luxómetro digital Fluke LM-120.

3.4.1.5. Consumo de Energia Diária na Iluminação do Piso -1

Tabela 49: Consumo de energia diária na iluminação do Piso -1

Item	Equipamentos	Qde.	Potência em W	Pot. total em kW	Horário	Hora de Funci/ Dia	Energia Consumida Diária kWh	P. Unitário €/kWh	Sub. Total Diária (€)
Energia Ativa:									
Componente Indexada OMEL							22,8592	0,149224 €	3,4111 €
Redes:									
1	Luminárias LED: MAS LED tube 1500mm HO 18.2W 840 T8	157	18,2	2,8574	Super Vazio	1	2,8574	0,027500 €	0,0786 €
					Vazio Normal	1	2,8574	0,033900 €	0,0969 €
					Ponta	3	8,5722	0,047300 €	0,4055 €
					Cheias	3	8,5722	0,042600 €	0,3652 €
Energia Ativa:									
Componente Indexada OMEL							0,232	0,149224 €	0,0346 €
Redes:									
2	Sensor de Movimentos	58	0,5	0,029	Super Vazio	1	0,029	0,027500 €	0,0008 €
					Vazio Normal	1	0,029	0,033900 €	0,0010 €
					Ponta	3	0,087	0,047300 €	0,0041 €
					Cheias	3	0,087	0,042600 €	0,0037 €
3	Potência Contratada	1	57000	57	Dia		0,060900 €	3,4713 €	
4	Potência Horas de Ponta	1	23054,7	23,0547	Dia		0,487200 €	11,2322 €	
Total Energia e Custo Diário na iluminação (kWh)							23,09		19,10 €

A Tabela 49 indica a quantidade de energia consumida diariamente em toda a iluminação do Piso -1, exceto as luminárias de emergência que não entraram nesses cálculos. A partir do resultado dos cálculos teóricos de consumo de energia elétrica, estimou-se a faturação diária com base nas informações dos preços da energia das faturas do ano 2024. Para um consumo de energia média diária de 23,09 kWh o custo médio associado só da energia ativa e da taxa da rede é de 19,10 € diários.

Tendo em consideração que não existe um contador único de energia só para o circuito de iluminação, não foi possível comparar o consumo e o custo real da fatura com os resultados teóricos calculados. No entanto, assume-se que não existe um grande desvio entre o resultado teórico e o real, uma vez que a potência das lâmpadas e sensores de movimento são reais e o perfil horário de funcionamento está muito próximo do real.

Com base no resultado do cálculo da Tabela 49 calculou-se o consumo e o custo mensais e anuais de energia elétrica associada à iluminação do Piso -1 conforme a Tabela 50:

Consumo de energia mensal e anual na iluminação do Piso -1

Tabela 50: Consumo teórico de energia anual na iluminação do Piso -1

Nº	MÊS	Dia	Consumo Diário de Energia Elétrica na Iluminação Piso -1 (kWh)	Custo Diário (€)	Consumo Mensal de Energia Elétrica na Iluminação Piso -1 (kWh)	Custo Mensal (€)
1	JANEIRO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
2	FEVEREIRO	28	23,09	19,10 €	646,52	534,80 €
3	MARÇO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
4	ABRIL	30	23,09	19,10 €	692,70	573,00 €
5	MAIO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
6	JUNHO	30	23,09	19,10 €	692,70	573,00 €
7	JULHO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
8	AGOSTO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
9	SETEMBRO	30	23,09	19,10 €	692,70	573,00 €
10	OUTUBRO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
11	NOVEMBRO	30	23,09	19,10 €	692,70	573,00 €
12	DEZEMBRO	31	23,09	19,10 €	715,79	592,10 €
TOTAL ANUAL					8427,85	6 971,50 €

Segundo os resultados da Tabela 50, o consumo médio de energia mensal da iluminação do Piso -1 é de 702,32 kWh, associado a um custo médio de 580,96 € mensal e que se traduz num consumo e custo anuais de 8 427,85 kWh e 6 971,50 € respetivamente.

3.4.1.6. Medidas de melhoria do consumo de energia no Piso -1

Tendo em conta os resultados de consumo de energia associados à iluminação, pretende-se propor algumas medidas de melhorias que poderão auxiliar na redução de consumo de energia elétrica da iluminação do Piso -1. Das medidas propostas são:

Medida 1:

Considerando o resultado de medição da iluminância no interior do parque, o valor médio foi de 117,12 lx, levando em consideração que o tipo de espaço é um parque de estacionamento, sendo de uso exclusivo aos moradores do condomínio, pode ser classificado como **Área de estacionamento – fechado ao público** e que de acordo com a norma EN 12193 e Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios [26], para esta zona é recomendado uma iluminância de 75 lx ao nível do pavimento, conforme indica a Tabela 51 à seguir que corresponde a Tabela 152 do Manual SCE:

Tabela 51: Iluminância dos locais de acesso público - Parqueamento público de automóveis (interiores)

Tipo de espaço, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m req$ [lx]	$\bar{E}_m mod$ [lx]		Requisitos específicos
		Nível 1	Nível 2	
Rampas de entrada/saída (durante o dia)	300	500	750	- O nível de iluminância deve estender-se por 5 m do pavimento do parque - Iluminância ao nível do pavimento
Rampas de entrada/saída (durante a noite)	75	100	150	Iluminância ao nível do pavimento
Vias de circulação, rampas internas e passeios pedestres	75	100	150	- Iluminância ao nível do pavimento - Uma iluminância vertical elevada favorece o reconhecimento dos rostos dos indivíduos e, consequentemente, o sentimento de segurança
Áreas de estacionamento – fechadas ao público	75	100	150	- Iluminância ao nível do pavimento - Uma iluminância vertical elevada favorece o reconhecimento dos

Fonte: Manual SCE

Com base no valor da iluminância medida de 117,12 lx e valor proposto pelo Manual SCE em vigor para esta zona que é de 75 lx, constata-se que existe uma grande discrepância entre os valores, discrepância esta que tem implicação direta no aumento do consumo de energia elétrica. Para uma melhor proposta de medida de melhoria para este cenário, fez-se uma simulação de cenário de iluminação noturna no *software DIALux evo* numa parcela de circulação no interior do piso -1. A circulação é composta por 17 luminárias de características descritas na Figura 26. Foi feita a simulação com outras luminárias para atingir os 75 lx conforme manda a norma e o Manual SCE e foram obtidos os seguintes resultados:

Edifício 2 · Piso -1 · Circulação 1 (Noite)

Resumo

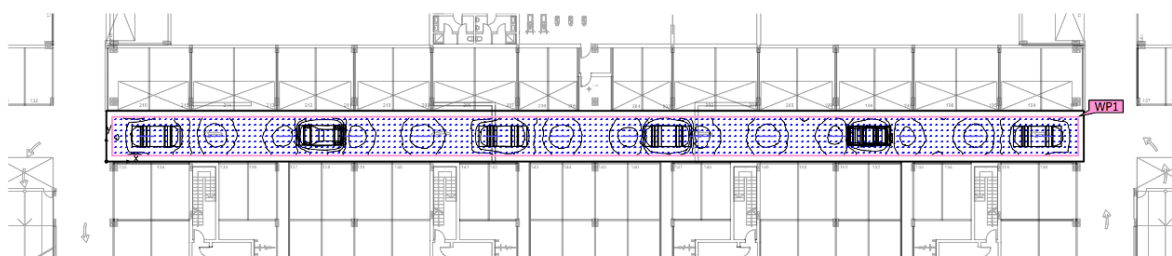


Figura 29: Simulação da Iluminação no Dialux evo de uma Circulação do Piso -1 do Condomínio Tagus Bay

Foi utilizada a circulação 1 da Figura 29 para análise da possibilidade de redução do consumo de energia elétrica por substituição de luminária mais eficiente e garantindo o padrão de qualidade da iluminação exigida pela norma.

Característica do local:

Tabela 52: Característica da Zona de Circulação em Análise

Superfície básica	375.19 m ²	Pé direito livre	2.800 m
Grau de reflexão	Tecto: 88.0 %, Paredes: 88.0 %, Solo: 20.0 %	Altura de montagem	2.800 m
Factor de manutenção	0.80 (Valor fixo)	Altura Plano de uso	0.000 m
		Zona marginal Plano de uso	0.500 m

3.4.1.7. Resultados do Cálculo Luminotécnica no Software Dialux

Tabela 53: Resultado de Análise de Iluminação da Circulação 1

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Plano de uso	$E_{vertical}$	79.7 lx	≥ 75.0 lx	✓	WP1
	$U_o (g_1)$	0.017	≥ 0.016	✓	WP1
	Potência de ligação específica	0.88 W/m ²	-		
		1.10 W/m ² /100 lx	-		
Avaliação de ofuscamento	$R_{UG,max}$	25	≤ -1	✗	
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	552 kWh/a	máx. 13150 kWh/a	✓	
Sala	Potência de ligação específica	0.67 W/m ²	-		
		0.84 W/m ² /100 lx	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 85.270 m x 4.400 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado com DIN:18599-4.

Perfil de utilização: Áreas públicas - Estacionamentos cobertos públicos (42.4 Parques/lugares de estacionamento)

De acordo com o resultado da simulação obtida no Dialux, ilustrada na Tabela 53, a iluminância total para esta zona de circulação 1 ficou com o valor de 79,7 lx dentro do limite aceitável pela norma que exige para esta zona o valor nominal de 75 lx e uma tolerância de +30%, pelo que o valor obtido cumpre-se com o estipulado na norma.

Para esta zona de circulação 1, existia 17 luminárias de 18,2 W e com a simulação feita foi necessário usar 14 luminárias de 18 W e de melhor eficiência conforme as informações a seguir:

Tabela 54: Lista das luminárias necessárias para substituir as atuais instaladas

Φ_{total} 51800 lm		P_{total} 252.0 W		Rendimento luminoso 205.6 lm/W		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
14	LEDVANCE	4099854223 334	LEDTUBE T8 EM EECA S 1500 17.6W 840	18.0 W	3700 lm	205.6 lm/W

Proposta da nova luminária da LEDVANCE apresentada na Figura 30:



Nome de produto: LED TUBE T8 EM ENERGY EFFICIENCY CLASS A S 1500 mm 17.6W 840

Marca: LEDVANCE

Tensão: 220-240V

Potência Nominal: 18W

Fator de Potência: 0,9

Fluxo Luminoso: 3.700 lm

Temperatura da Cor: 4000 K

Eficácia Luminosa: 170 lm/W

Comprimento: 1.500 mm

Vida Útil Nominal: 100.000 h

Classe de Eficiência Energética: A

Figura 30: Nova Luminária para Piso -1

Panorama com a nova luminária da proposta de melhoria:



Figura 31: Aplicação das luminárias LEDVANCE como nova proposta de melhoria (Fonte: Autor)

Medida 2:

Ajustar a regulação do tempo de funcionamento das luminárias para um tempo menor, ou seja, regular todos os sensores de movimento para um tempo de fecho do contacto de 2 min em vez do atual 5 min.

Resultados previstos após a implementação das medidas de melhoria

3.4.1.8. Novo consumo de energia após melhorias

Aconselha-se a implementação da primeira medida de melhoria e a seguir implementar a segunda medida. No entanto, ambas podem ser implementadas individualmente, mas para este estudo foi considerada a implementação da primeira e depois a segunda medida, ou seja, os resultados que serão apresentados levam em consideração as duas medidas de melhorias já implementadas. De realçar que como foi demonstrado que por uma distribuição de 17 luminárias é possível uma substituição por 14 luminárias da características descrita na Figura 30, então, foi assumido que baseando no mesmo princípio de cálculos será possível substituir as 157 luminárias existentes por um total 130 novas luminárias da características representadas na Figura 30. Com esta aproximação obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 55: Consumo teórico de energia mensal na iluminação do Piso -1 após implementação das medidas de melhorias

Item	Equipamentos	Qde.	Potência em W	Pot. total em kW	Horário	Hora de Funci/Dia	Energia Consumida Diária kWh	P. Unitário €/kWh	Sub. Total Diária (€)
		Energia Ativa:							
		Componente Indexada OMEL					7,488	0,149224 €	1,1174 €
		Redes:							
1	Luminárias LED: MAS LEDtube 1500mm HO 18.2W 840 T8	130	18	2,34	Super Vazio	0,1	0,234	0,027500 €	0,0064 €
					Vazio Normal	0,1	0,234	0,033900 €	0,0079 €
					Ponta	1,5	3,51	0,047300 €	0,1660 €
					Cheias	1,5	3,51	0,042600 €	0,1495 €
							Energia Ativa:		
		Componente Indexada OMEL					0,0928	0,149224 €	0,0138 €
		Redes:							
2	Sensor de Movimentos	58	0,5	0,029	Super Vazio	0,1	0,0029	0,027500 €	0,0001 €
					Vazio Normal	0,1	0,0029	0,033900 €	0,0001 €
					Ponta	1,5	0,0435	0,047300 €	0,0021 €
					Cheias	1,5	0,0435	0,042600 €	0,0019 €
3	Potência Contratada	1	57000	57	Dia			0,060900 €	3,4713 €
4	Potência Horas de Ponta	1	23054,7	23,0547	Dia			0,487200 €	11,2322 €
Total Energia e Custo Diária na Iluminação (kWh)							7,58		16,17 €

A Tabela 55 representa o consumo de energia e o custo associado na iluminação do Piso -1 já com as duas medidas de melhorias implementadas, o novo consumo diário de energia passará a ser de 7,58 kWh por um custo associado de 16,17 € diária.

Consumo de energia mensal e anual na iluminação do Piso -1 após implementação das melhorias

Tabela 56: Consumo teórico de energia anual na iluminação do Piso -1 Após Implementação das Melhorias

Nº	MÊS	Dia	Consumo Diário de Energia Elétrica na Iluminação Piso -1 (kWh)	Custo Diário (€)	Consumo Mensal de Energia Elétrica na Iluminação Piso -1 (kWh)	Custo Mensal (€)
1	JANEIRO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
2	FEVEREIRO	28	7,58	16,17 €	212,24	452,76 €
3	MARÇO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
4	ABRIL	30	7,58	16,17 €	227,40	485,10 €
5	MAIO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
6	JUNHO	30	7,58	16,17 €	227,40	485,10 €
7	JULHO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
8	AGOSTO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
9	SETEMBRO	30	7,58	16,17 €	227,40	485,10 €
10	OUTUBRO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
11	NOVEMBRO	30	7,58	16,17 €	227,40	485,10 €
12	DEZEMBRO	31	7,58	16,17 €	234,98	501,27 €
TOTAL ANUAL					2766,70	5 902,05 €

Numa base mensal e anual, a Tabela 56 representa um consumo total de energia no valor de 2 766,70 kWh após melhorias e a um custo associado anual que passará a ser de 5 902,05 €.

3.4.1.9. Poupança de Energética e Financeira Anual com as Medidas de Melhorias

Tabela 57: Poupança de Energia e Financeira Anual

Nº	MÊS	Consum. Teórico Anual de Energia Elétrica na Iluminação do Piso -1 Atual (kWh)	Consumo Teórico Anual de Energia Elétrica na Iluminação do Piso -1 Após Melhorias (kWh)	Custo Teórico Atual (€)	Custo Teórico Após Melhorias (€)	Poupança de Energia (kWh)	Poupança Financeira (€)
1	JANEIRO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
2	FEVEREIRO	646,52	212,24	534,80 €	452,76 €	434,28	82,04 €
3	MARÇO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
4	ABRIL	692,70	227,40	573,00 €	485,10 €	465,30	87,90 €
5	MAIO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
6	JUNHO	692,70	227,40	573,00 €	485,10 €	465,30	87,90 €
7	JULHO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
8	AGOSTO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
9	SETEMBRO	692,70	227,40	573,00 €	485,10 €	465,30	87,90 €
10	OUTUBRO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
11	NOVEMBRO	692,70	227,40	573,00 €	485,10 €	465,30	87,90 €
12	DEZEMBRO	715,79	234,98	592,10 €	501,27 €	480,81	90,83 €
TOTAL ANUAL		8427,85	2766,70	6 971,50 €	5 902,05 €	5661,15	1 069,45 €

De acordo com os dados da Tabela 57, com as duas medidas de melhorias implementadas, estima-se uma poupança média mensal de energia no valor de 471,76 kWh, equivalente a uma poupança monetária média de 89,12 € mensal, o que numa base anual equivale a 5 661,15 kWh e corresponde a uma poupança monetária anual de 1 069,45 €.

Custo Antes e Depois das Melhorias

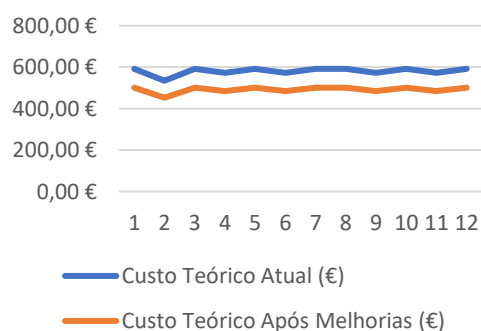


Gráfico 10: Custo antes e depois das melhorias (€)

3.4.1.10. Quantidade de emissões de CO_2

Para determinar a quantidade de emissões de CO_2 associada a uma determinada quantidade de energia, foi feito uso do Manual SCE para consulta dos fatores de conversão, uma vez que a emissão de CO_2 baseia-se na energia primária⁵. Ao longo deste trabalho toda a energia foi expressa em energia final⁶. As mesmas serão convertidas em energia primária e posteriormente convertido em emissões de CO_2 multiplicando a um fator associado à eletricidade.

Para a conversão da energia final em energia primária para este projeto, tendo em conta que é usada a energia elétrica para alimentação de todos os circuitos, multiplica-se o fator de conversão $F_{pu} = 2,5$ ao valor de energia final e obtém-se a energia primária, o valor de F_{pu} encontra-se tabelado no Manual SCE conforme indica:

Tabela 58: Fatores de conversão de energia final para energia primária

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 trigerção no edifício de referência	1,70

Fonte: Manual SCE, Tabela 106.

$$\text{Energia Primária} = \text{Energia Final} \times F_{pu}, \text{ expressa - se em } [kWh_{EP}] \quad (7)$$

$$\text{Para } F_{pu} = 2,5$$

⁵ Energia Primária: São consideradas energias primárias os recursos energéticos disponibilizados pela natureza como é o caso do petróleo, o gás natural, a energia solar, a energia eólica, a energia hídrica e a biomassa e exprimem-se, normalmente, em termos da massa equivalente de petróleo (tonelada equivalente de petróleo – tep) [32].

⁶ Energia Final: É a energia que é disponibilizada ao consumidor para ser convertida em energia útil. Em termos simplistas, é a energia fornecida aos consumidores, de um modo comercial ou não. Quando se trata de energias comerciais, estas apresentam-se geralmente sob forma de energia elétrica, gás (...) [32].

Tabela 59: Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO₂

Tipo de energia	Fator de conversão [kgCO ₂ /kWh _{EP}]
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás Natural	0,202
GPL canalizado (propano)	0,170
GPL garrafas	
Renovável	0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	0,006

Fonte: Manual SCE, Tabela 107

$$\text{Emissão de CO}_2 = \text{Energia Primária} \times 0,144, \text{ expressa - se em [kgCO}_2] \quad (8)$$

Após a aplicação das Equações (7) e (8) obtém-se os seguintes resultados da emissão de CO₂ evitado com a implementação das duas medidas de melhorias na iluminação do Piso -1:

Tabela 60: Quantidade de CO₂ evitado em relação a quantidade de energia primária poupada

Nº	MÊS	Poupança de Energia Final [kWh _{EF}]	Fator de Conversão para Energia Primário [F _{pu}]	Poupança de Energia Primária [kWh _{EP}]	Fator de Conversão de Energia Primária para Emissão de CO ₂ [kgCO ₂ /kWh _{EP}]	Total de Emissão de CO ₂ Evitado [kgCO ₂]
1	JANEIRO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
2	FEVEREIRO	434,28	2,50	1085,70	0,144	156,34
3	MARÇO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
4	ABRIL	465,30	2,50	1163,25	0,144	167,51
5	MAIO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
6	JUNHO	465,30	2,50	1163,25	0,144	167,51
7	JULHO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
8	AGOSTO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
9	SETEMBRO	465,30	2,50	1163,25	0,144	167,51
10	OUTUBRO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
11	NOVEMBRO	465,30	2,50	1163,25	0,144	167,51
12	DEZEMBRO	480,81	2,50	1202,03	0,144	173,09
TOTAL ANUAL		5661,15	2,50	14152,88	0,144	2038,01

De acordo com a Tabela 60, pode ser evitada uma quantidade de emissão de 2 038,01 kg de CO₂ anual, caso forem implementadas as duas medidas de melhorias propostas no sistema de iluminação do Piso -1.

3.4.1.11. Custo estimado de investimento para implementação das melhorias

Com base na experiência e conhecimento do preço médio de mão-de-obra dos profissionais no mercado, e consulta dos preços tabelados dos materiais nos fornecedores, estima-se o custo total do investimento necessário para implementar as duas medidas de melhorias propostas para o sistema de iluminação do Piso -1, conforme detalhes apresentados na Tabela 61:

Tabela 61: Orçamento de investimento para implementação das melhorias na iluminação do Piso -1

Item	Designação	Quantidade	Unidade	P. U (€)	Subtotal (€)
Orçamento de melhoria no sistema de iluminação do Piso -1 do Condomínio Tagus Bay					
1	Material				
1.1	Luminária do tipo: LED TUBE T8 EM ENERGY EFFICIENCY CLASS A S 1500 mm 17.6W 840, da marca LEDVANCE	130	un.	22,00 €	2 860,00 €
1.2	Cabo livre de halogéneo RZ1-K 3G1.5, incluindo ponteiras, abraçadeiras de fitas serrilhas para ajustes das novas distribuições das luminárias caso for necessária.	300	m	1,75 €	525,00 €
2	Mão-de-obra externa				
2.1	Mão-de-obra de um oficial electricista para regulação dos sensores de movimento, incluindo outros encargos inerente.	4	horas	25,00 €	100,00 €
2.2	Mão-de-obra de um oficial electricista e um ajudante para substituição de todas as lâmpadas (tubo LED), incluindo outros encargos inerente.	3	dias	344,00 €	1 032,00 €
2.3	Fornecimento de serviço externo de recolha e entrega a vazadouro dos resíduos sólidos composto por restos de cabos e lâmpadas.	1	vg.	500,00 €	500,00 €
TOTAL					5 017,00 €

De acordo com o orçamento de investimento detalhado na Tabela 61, será necessário um custo estimado de **5 017,00 €** para implementar as duas medidas de melhorias propostas.

3.4.1.12. Período de Retorno do Investimento Simples (PRI)

Tendo em consideração o valor do investimento de 5 017,00 € e o valor da poupança anual de 1 069,45 € pretende-se calcular o Período de Retorno do Investimento (PRI) simples, ou seja, o período de retorno simples que de acordo com ^[28] é o período de tempo necessário para que o fluxo de caixa operacional do projeto recupere o valor a ser investido no projeto.

$$PRI \text{ (anos)} = \frac{\text{Investimento €}}{\text{Poupança €}} \quad (9)$$

Aplicando a Equação (9):

$$\rightarrow PRI = \frac{5\,017,00 \text{ €}}{1\,069,45 \text{ €}} = 4,7 \text{ anos} \quad (10)$$

De acordo com o resultado obtido, significa que caso as melhorias foram implementadas, o retorno do capital investido será feito em 4,7 anos.

3.4.2. Iluminação Exterior do Jardim

A iluminação exterior do jardim está comandada por fotocélula, interruptor crepuscular e interruptor horário programado com horário do verão e inverno, permitindo uma melhor gestão da iluminação do jardim. Existem 4 tipos de luminárias distribuídas por todo o jardim, conforme indicado na Tabela 62 e todas acendem em simultâneo com o comando da fotocélula.

Tabela 62: Luminárias aplicadas na iluminação exterior do jardim

Luminária	Característica da lâmpada	Quantidade	Imagem
Tipo 1: Poste para caminhos da marca Tromilux, serie 2043.100 230V, 50Hz	LED 12W, E27, 1155 lm, 220-240A AC 50-60Hz	59	
Tipo 2: Projetor de chão	LED 4,6W 2700K, 355 lm, 39mA, 220-240V AC 50/60Hz da Philips	14	
Tipo 3: Aplique de encastrar na parede, da marca Tromilux, serie 2002.100, 230V, 50Hz	LED 8W, E27, 2700K, 220-240V AC, 50/60Hz, 58mA	6	
Tipo 4: Projetor de chão	LED 7W, 220-240V AC	6	

Para a iluminação exterior de jardim, a maior oportunidade de melhoria na redução de consumo de energia seria nas luminárias do tipo 1, no entanto no ano 2023 foram substituídas as antigas luminárias de 13W, 2700K, 1521 lm, 220-240V AC pelas atuais existentes indicadas na Tabela 62. Por este motivo não foi necessário fazer estudo de melhoria nesta zona, no entanto recomenda-se um estudo luminotécnico detalhado em toda a zona de jardim a fim de se encontrar uma melhor solução que garanta a redução de consumo e qualidade na iluminação em conformidade com a norma em vigor.

Constata-se que na substituição das luminárias do tipo 1 realizado no ano 2023, foram postas luminárias de menor consumo de energia elétrica 13W para 12W, e no entanto as luminárias atuais são de menor eficiência da iluminação, ou seja, passaram de 1521 lm para 1155 lm atual, o que resulta numa eficiência anterior de 117lm/W para atual de 96,25lm/W. Por este motivo recomenda-se um estudo luminotécnico detalhado para evitar a perda de qualidade de iluminação do espaço em troca de redução de consumo de energia elétrica.

3.4.3. Piscinas Aquecidas Descobertas no Exterior

Um outro interesse da gestão do condomínio como referido anteriormente é de baixar o custo com o consumo de energia elétrica associado às piscinas aquecidas no exterior ao ar livre.

No condomínio existem três piscinas no Piso 0, localizadas na zona do jardim, sendo duas piscinas aquecidas e uma não aquecida. Das duas piscinas aquecidas, uma é destinada às crianças e a outra aos adultos. O objetivo da análise e apresentação da proposta de redução do consumo de energia elétrica centra-se nessas duas piscinas aquecidas. Cada piscina é aquecida por uma bomba de calor e as piscinas para as crianças e adultos têm a capacidade de albergar água de 24 m³ e 155 m³ respetivamente.



Figura 32: Localização da Piscina Aquecida (Fonte: Projeto Arquitetura do Condomínio)

Na Figura 32 pode-se observar a localização das piscinas e na fotografia mais a direita vê-se a piscina dividida ao meio, em que a parte frontal na figura é ocupada pelas crianças e a parte traseira é ocupada pelos adultos e dispõe de uma maior área de ocupação.

3.4.3.1. Funcionamento das Piscinas Aquecidas

De acordo com a informação recebida da gestão do condomínio e outras levantadas no local, a piscina não aquecida está sempre disponível aos moradores e pode ser usada a qualquer momento, enquanto que as duas piscinas aquecidas estão limitadas no tempo. Por outras palavras, as coberturas das piscinas só serão para ficarem acessíveis aos moradores das 10:00 horas até às 20:00 horas. Durante este período, as piscinas aquecidas podem ser usadas. De salientar ainda que esse período de funcionamento é só entre os meses de maio e outubro, porque a partir do dia 1 de novembro até o dia 31 de abril do ano seguinte as piscinas aquecidas estarão todas fechadas e indisponíveis, conforme ilustra o diagrama na Tabela 63 a seguir.

Tabela 63: Diagrama do funcionamento das piscinas aquecidas



Tabela 64: Legenda da Tabela 63

Funcionamento de sistema de aquecimento e utilização da piscina	Verde Escuro
Funcionamento de sistema de aquecimento e sem uso da piscina	Verde Claro
Indisponível, tudo parado e sem uso	Cinza

De acordo com o diagrama da Tabela 63 do funcionamento das piscinas aquecidas, constata-se que durante todos os dias dos meses de maio à outubro as piscinas estão sempre aquecidas, mesmo no período sem ocupação que é das 20:00 horas às 09:00 horas do dia seguinte. Esta política de funcionamento foi definida pela gestão de condomínio e considera ser mais benéfica do que estar a ligar e desligar as piscinas diariamente, uma vez que ao desligar e ligar diariamente considera-se não ser possível ter

a temperatura da água a 30°C a partir das 10:00 horas de manhã do dia seguinte, período em que a piscina deve estar operacional.

Tendo em consideração o interesse da gestão de condomínio em ter a temperatura da água das piscinas aquecida a 30°C a partir das 10:00 horas até às 20:00 horas e pretendendo-se consumir uma menor quantidade de energia elétrica e menor custo associado, o objetivo deste ponto é de criar uma solução alternativa que garanta o mesmo período de disponibilidade diária, mesmo grau de conforto e menor consumo de energia associado.

3.4.3.2. Característica das Bombas de Calor das Piscinas Aquecidas

Tabela 65: Bomba de calor da piscina dos adultos

Swimming Pool Heat Pump - FAIRLAND-Model No.: IPH150T	
Heating capacity (kW)	60
Average COP	10,1
Air 26°C/Water 26°C/Humidity 80%	
Heating capacity (kW)	40
Average COP	6,8
Air 15°C/Water 26°C/Humidity 70%	
Power supply	400V/3 Ph/50Hz
Rated input power at air 15°C (kW)	2,20~8,03
Rated input current at air 15°C (A)	3,17~11,59
Max input current (A)	19
Advised water flux (m ³ /h)	20~25
Refrigerant R410A (g)	5500



Para este estudo serão usados os dados do cenário mais crítico desta bomba de calor, representados na Tabela 65, o que significa que a potência térmica fornecida será de 40kW e a potência elétrica consumida será de 8,03kW. Também, para a simplificação dos cálculos será considerado que durante todo o tempo de funcionamento este consumo e produção são constantes, desprezando as variações de produção e consumo em função da temperatura da água da piscina.

Tabela 66: Bomba de calor da piscina das crianças

Swimming Pool Heat Pump - FAIRLAND-Model No.: IXR40V	
Heating capacity (kW)	13
Heating capacity (kW) in Booster mode	16
COP	15,3~7,4
COP at 50% capacity	11,3
Air 26°C/Water 26°C/Humidity 80%	
Heating capacity (kW)	9
Heating capacity (kW) in Booster mode	11
COP	7,5~4,9
COP at 50% capacity	6,6
Air 15°C/Water 26°C/Humidity 70%	
Power supply	230V/1 Ph/50Hz
Rated input power at air 15°C (kW)	0,19~1,84
Rated input current at air 15°C (A)	0,83~8,01
Max input current (A)	16
Advised water flux (m3/h)	4~6
Refrigerant A32 (g)	1000



Para este estudo serão usados os dados do cenário mais crítico desta bomba de calor, representada na Tabela 66, ou seja, a potência térmica fornecida será de 9 kW e a potência elétrica consumida será de 1,84 kW. Também, para a simplificação dos cálculos assume-se que durante todo o tempo de funcionamento este consumo e produção são constantes, desprezando as variações de produção e consumo em função da temperatura da piscina.

3.4.3.3. Consumo de energia diária nas piscinas aquecidas

Tabela 67: Consumo de energia diária no aquecimento das piscinas exteriores

Item	Equipamentos	Qde.	Potência em W	Pot. total em kW	Horário	Hora de Funci/Dia	Energia Consumida Diária kWh	P. Unitário €/kWh	Sub. Total Diária (€)	
Energia Ativa:										
							Componente Indexada OMEL	192,72	0,149224 €	28,76 €
Redes:										
1	Bomba de calor piscina adultos: Swimming Pool Heat Pump - FAIRLAND- Model No.: IPH150T	1	8030	8,03	Super Vazio	4	32,12	0,027500 €	0,88 €	
					Vazio Normal	3	24,09	0,033900 €	0,82 €	
					Ponta	5	40,15	0,047300 €	1,90 €	
					Cheias	12	96,36	0,042600 €	4,10 €	
Energia Ativa:										
							Componente Indexada OMEL	44,16	0,149224 €	6,59 €
Redes:										
2	Bomba de calor piscina crianças: Swimming Pool Heat Pump - FAIRLAND- Model No.: IXR40V	1	1840	1,84	Super Vazio	4	7,36	0,027500 €	0,20 €	
					Vazio Normal	3	5,52	0,033900 €	0,19 €	
					Ponta	5	9,2	0,047300 €	0,44 €	
					Cheias	12	22,08	0,042600 €	0,94 €	
3	Potência Contratada	1	57000	57	Dia			0,060900 €	3,47 €	
4	Potência Horas de Ponta	1	23054,7	23,0547	Dia			0,487200 €	11,23 €	
Total Energia e Custo Diária no Aquecimento das Piscinas (kWh)							236,88		59,52 €	

A Tabela 67 indica a quantidade de energia consumida diariamente no aquecimento das piscinas exteriores. A partir do resultado dos cálculos teóricos de consumo de energia elétrica, estima-se a faturação diária com base nas informações dos preços da energia das faturas do ano 2024. Para o consumo de energia médio diário de 236,88 kWh o custo médio associado só da energia ativa e da taxa da rede é de 59,52 € diários.

Tendo em consideração que não existe um contador único de energia só para o circuito de aquecimento da piscina, não foi possível comparar o consumo e o custo real da fatura com os resultados teóricos calculados, mas assume-se que não existe um grande desvio entre o resultado teórico e o real, uma vez que a potência dos equipamentos da

bomba de calor foi verificada no próprio equipamento e o perfil horário de funcionamento é o real existente.

Com base no resultado do cálculo da Tabela 67 calculou-se o consumo e o custo mensais e anuais de energia elétrica associado ao aquecimento das piscinas exteriores conforme a Tabela 68:

3.4.3.4. Consumo de energia mensal e anual nas piscinas aquecidas

Tabela 68: Consumo teórico de energia anual no aquecimento das piscinas exteriores

Nº	MÊS	Dia	Consumo Diário de Energia Elétrica nas Piscinas Aquecidas (kWh)	Custo Diário (€)	Consumo Mensal de Energia Elétrica nas Piscinas Aquecidas (kWh)	Custo Mensal (€)
1	JANEIRO	31	-	-	-	-
2	FEVEREIRO	28	-	-	-	-
3	MARÇO	31	-	-	-	-
4	ABRIL	30	-	-	-	-
5	MAIO	31	236,88	59,52 €	7343,28	1 845,12 €
6	JUNHO	30	236,88	59,52 €	7106,40	1 785,60 €
7	JULHO	31	236,88	59,52 €	7343,28	1 845,12 €
8	AGOSTO	31	236,88	59,52 €	7343,28	1 845,12 €
9	SETEMBRO	30	236,88	59,52 €	7106,40	1 785,60 €
10	OUTUBRO	31	236,88	59,52 €	7343,28	1 845,12 €
11	NOVEMBRO	30	-	-	-	-
12	DEZEMBRO	31	-	-	-	-
TOTAL ANUAL					43 585,92	10 951,68 €

De acordo com os resultados da Tabela 68, o consumo médio de energia mensal no aquecimento das piscinas exteriores é de 7 264,32 kWh, associado a um custo médio de 1 825,28 € mensais e que se traduz num consumo anual de 43 585,92 kWh e custo anual de 10 951,68 € respetivamente para os seis meses de consumo de energia durante um ano.

3.4.3.5. Diagnóstico das medidas de melhoria do consumo de energia

De acordo com os resultados obtidos do consumo de energia associados ao aquecimento das piscinas exteriores, comparando com a fatura de um mês do serviço comum do condomínio, verificou-se que o consumo associado ao aquecimento das piscinas representa um peso significativo na faturação, com uma ponderação de 34,29% no valor total. Deste modo, pretende-se encontrar algumas medidas de melhorias que poderão reduzir o consumo de energia associado ao aquecimento das piscinas exteriores.

Medida 1:

Numa primeira abordagem pretende-se alterar o perfil de funcionamento das piscinas, ou seja, desligar durante um período do dia e voltar a ligar novamente antes do horário do uso normal que é às 10:00 horas onde a água deve estar a 30°C.

Antes de agir nessa possível medida de melhoria, pretende-se entender a quantidade de energia necessária para aquecer a água da piscina e comparar com a potência fornecida pela bomba de calor para perceber em quanto tempo essas mesmas bombas poderão aquecer as piscinas à 30°C. Porque, se as bombas demoram mais do que 14 horas para aquecer as piscinas, não será viável desligar e ligar as bombas de calor diariamente. De realçar que 14 horas é o tempo de não utilização das piscinas durante um dia.

3.4.3.6. Cálculo da carga térmica de aquecimento da piscina

Para a realização dos cálculos de carga térmica do aquecimento da piscina foi consultado a Norma Portuguesa NP4448:2007 publicado pelo Instituto da Qualidade Portuguesa ^[29].

Esta norma define que, a carga térmica de aquecimento da piscina resulta da diferença entre as perdas térmicas totais e os ganhos térmicos resultantes da radiação incidente. Considera também que em piscinas exteriores podem existir ganhos térmicos significativos por irradiação da piscina. Para efeito de cálculo, deve ser utilizada informação publicada relativa à radiação global no plano horizontal, devendo assumir-se que pelo menos 85% da radiação incidente será absorvida pela água da piscina. Mas, para

este estudo não serão considerados os ganhos térmicos resultantes da radiação incidente, afim de dimensionar com o cenário mais crítico.

As perdas térmicas totais resultam do somatório das perdas térmicas devidas à evaporação, radiação e convecção. Outras perdas térmicas menos significativas são as devidas à turbulência causada pelos nadadores, mas neste estudo considera-se uma piscina em repouso. Também a perda pela condução para o solo é considerado desprezável, a menos que exista um lençol freático próximo do fundo da piscina e também desprezável as perdas da pluviosidade e perdas devidos a compensação de água na piscina é desprezável.

Ao longo dos cálculos será considerado a temperatura da água $t_w = 30^\circ C$, velocidade do vento a uma altura de 0,3 m acima da superfície da piscina $v_{0,3} = 0,035 \text{ m/s}$, temperatura do ar $t_a = 19,1^\circ C$ obtido a partir dos dados climáticos parametrizado no *Design Builder* da temperatura mais fria entre os meses de maio e outubro, a humidade relativa $HR = 40\%$, e a temperatura de ponto de orvalho $t_{dp} = 5,2^\circ C$.

Perdas térmicas por evaporação

As perdas térmicas por evaporação em piscinas exteriores em repouso é função da velocidade do vento e da diferença de pressões de vapor entre a água da piscina e o ar atmosférico. É recomendada a utilização da seguinte correlação para o cálculo das perdas térmicas por evaporação:

$$q_e = (5,64 + 5,96 v_{0,3})(P_w - P_a) \quad (11)$$

Onde

q_e : representa as perdas térmicas por evaporação, em megajoules por metro quadrado por dia [$MJ/(m^2 \cdot d)$]

P_w : representa a pressão de vapor saturado à temperatura da água da piscina, t_w , em kilopascals;

P_a : representa a pressão de vapor saturado no ar, em kilopascal;

$v_{0,3}$: representa a velocidade do vento a uma altura de 0,3 m acima da superfície da piscina, em metros por segundo.

De acordo com a norma NP 4448:2007, quando a velocidade do vento acima da piscina não puder ser medida, pode ser deduzida a partir de dados climáticos através da aplicação de um fator de redução dependente do nível de proteção contra o vento existente na piscina, de acordo com as seguintes expressões:

- v : é igual a $0,30 \times v_{10}$ em localizações suburbanas típicas;
- v : é igual a $0,15 \times v_{10}$ em localizações bem abrigadas do vento;
- v_{10} : representa a velocidade do vento normalizada para uma altura de 10 m acima do solo, em metros por segundo (de acordo com os registos disponíveis em dados climáticos padrão).

Por falta de dados do vento à 10 m acima do solo (v_{10}), fez-se uso da média do valor típico usado pela norma que é de $v_{0,3} = 0,035 \text{ m/s}$.

A pressão parcial de vapor (P_a) pode ser calculada a partir da humidade relativa (RH) através da expressão:

$$P_a = \frac{P_s \times RH}{100} \quad (12)$$

Onde:

P_s : representa a pressão de vapor saturado, em kilopascals, à temperatura do ar t_a , obtida a partir do gráfico na Figura A.1 ou a partir da equação (A.4) fazendo:

$$P_s = P_w \text{ para } t_a = t_w \quad (13)$$

$$P_w = 0,004516 + 0,0007178t_w - (2,649 \times 10^{-6})t_w^2 + (6,944 \times 10^{-7})t_w^3 \quad (14)$$

Perdas térmicas por radiação

As perdas térmicas por radiação q_r , expressas em megajoules por metro quadrado por dia, podem ser calculadas através da seguinte expressão simplificada:

$$q_r = \frac{24 \times 3600}{10^6} \varepsilon_w \sigma (T_w^4 - T_s^4) = 0,086 \varepsilon_w h_r (T_w - T_s) \quad (15)$$

Onde:

ε_w : representa a emitância de grande comprimento de onda da água = 0,95;

σ : representa a constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$;

h_r : representa o coeficiente de transmissão de calor por radiação, em watts por metro quadrado e grau Kelvin [$W/(m^2 \cdot K)$], ver nota⁷;

T_w : representa a temperatura da água, em graus Kelvin;

T_s : representa a temperatura do céu, em graus Kelvin, ver nota⁸;

Perdas térmicas por convecção

As perdas térmicas por convecção para o ar ambiente q_c , expressas em megajoules por metro quadrado por dia, [$MJ/(m^2 \cdot d)$]:

$$q_c = \frac{24 \times 3600}{10^6} (3,1 + 4,1v)(t_w - t_a) = 0,086(3,1 + 4,1v)(t_w - t_a) \quad (16)$$

Onde:

v : representa a velocidade do vento a uma altura de 0,3 m acima de piscinas exteriores ou acima da superfície de piscinas interiores, em metros por segundo.

t_w : representa a temperatura da água, em graus Celsius;

t_a : representa a temperatura do ar, em graus Celsius;

As perdas térmicas por convecção dependem fortemente da velocidade do vento. Existirão ocasiões especialmente durante o Verão, em que as perdas térmicas por convecção terão um valor negativo para piscinas exteriores, situação em que a piscina apresenta ganhos térmicos por convecção a partir do ar ambiente.

Resultados dos cálculos

Após a aplicação das equações recomendadas pela norma NP 4448:2007, e conversão das unidades de medidas, obteve-se os seguintes resultados representados na Tabela 69:

⁷ O coeficiente de transmissão de calor por radiação, h_r , pode ser calculado através da seguinte expressão: $h_r = \sigma(T_w^2 - T_s^2)(T_w + T_s) \approx (2,268 \times 10^{-7})(\frac{T_w + T_s}{2})^3$ ou determinado graficamente a partir da Figura A.3. da norma NP 4448:2007.

⁸ Para Piscinas exteriores $T_s = T_a \sqrt{\epsilon_s}$ onde a emitância do céu, ϵ_s , é função da temperatura de orvalho, t_{dp} (ver ISSO 9806-3).

Tabela 69: Carga térmica para aquecimento das piscinas

Tipos de Perdas Térmicas	Piscina Aquecida Crianças [kWh/dia]	Piscina Aquecida Adultos [kWh/dia]	Subtotal [kWh/dia]
Perdas térmicas por evaporação	753,47	2337,25	3090,72
Perdas térmicas por radiação	225,99	701,02	927,01
Perdas térmicas por convecção	33,78	104,79	138,58
Total	1013,24	3143,07	4156,31

De acordo com esses resultados estima-se que será necessária a quantidade de energia térmica de 1013,24 kWh para aquecimento da piscina das crianças e de 3143,07 kWh para aquecimento da piscina dos adultos, num total de 4156,31 kWh. A maior perda térmica é por evaporação tanto na piscina das crianças como na de adultos. Este efeito é devido à ação do vento, porém, na prática já existe a cobertura da piscina que é usada no período noturno para evitar as perdas térmicas e espera-se uma menor perda térmica com o uso da cobertura. Segundo a norma NP 4448:2007 podem assumir-se reduções de 90% nas perdas por evaporação quando a cobertura se encontre em utilização.

Tabela 70: Perda Térmica com uso da Cobertura

Tipos de Perdas Térmicas	Piscina Aquecida Crianças [kWh/dia]	Piscina Aquecida Adultos [kWh/dia]	Subtotal [kWh/dia]
Perdas térmicas por evaporação	75,35	233,73	309,07
Perdas térmicas por radiação	225,99	701,02	927,01
Perdas térmicas por convecção	33,78	104,79	138,58
Total	335,12	1039,54	1374,66

Se forem usadas as coberturas das piscinas nos períodos sem utilização, as perdas por evaporação reduziria de aproximadamente 90% e ficaria a 75,35 kWh para a piscina das crianças e 233,73 kWh para piscina de adultos, o que resulta numa menor necessidade de energia térmica para aquecimento das piscinas. Por outras palavras, o valor total passaria de 4156,31 kWh (dados da Tabela 69) para 1374,66 kWh (dados da Tabela 70).

Tendo em consideração que a bomba de calor para a piscina das crianças tem uma capacidade térmica de 9 kW e a bomba de calor para a piscina dos adultos tem a capacidade de 40 kW, fazendo face às necessidades de energia térmica das piscinas, constata-se que para aquecer as piscinas das crianças e dos adultos com essas bombas de calor demorariam aproximadamente 113 horas e 79 horas respetivamente, conforme dados apresentados na Tabela 71:

Tabela 71: Tempo médio de aquecimento das piscinas

Tempo Médio de Aquecimento das Piscinas		
Piscinas	Tempo [Horas]	Tempo [Dias]
Piscina Crianças	113	4,69
Piscina Adultos	79	3,27

De acordo com os dados da Tabela 71, verifica-se que a piscina das crianças para além de ser menor, demora mais tempo a ser aquecida uma vez que a sua bomba de calor é de menor potência. Face aos resultados da Tabela 71, sendo que para aquecer as piscinas é necessário um tempo maior do que as 14 horas mencionadas, não se justifica a paragem e arranque do sistema de aquecimento das piscinas diariamente, pelo que o diagrama de funcionamento inicial permanece o mesmo e não se vê a possibilidade de poupar energia por esta via.

3.5. Tabela Resumo dos Principais Resultados do Consumo do Condomínio

Tabela 72: Tabela Resumo dos Principais Resultados do Consumo do Condomínio

Consumidores de Energia do Serviço Comum	Peso de custo na fatura mensal	Situação Atual	Resultados Esperados das Melhorias e Recomendações
Iluminação do Parque no Piso -1	10,92%	Consumo teórico médio mensal de energia elétrica de 702,32 kWh equivalente a um custo médio mensal de 580,96 €. Totalizando um valor aproximado de 8 427,85 kWh de energia consumida anualmente à um custo total de 6971,50 €.	Consumo médio mensal de energia elétrica de 230,56 kWh equivalente a um custo médio mensal de 491,84 €. Totalizando um valor aproximado de 2766,70 kWh de energia consumida anualmente à um custo total de 5902,05 €. Uma poupança de energia anual de 5661,15 kWh equivalente a uma poupança monetária anual de 1069,45 €, e um período de retorno de investimento em 4,7 anos e 2038,01 kgCO ₂ evitado anualmente.

Iluminação Exterior do Jardim	9,68%	Consumo teórico médio mensal de energia elétrica de 367,13 kWh equivalente a um custo médio mensal de 515,26 €. Totalizando um valor aproximado de 4405,55 kWh de energia consumida anualmente à um custo total de 6183,10 €.	O valor atual de consumo representa o resultado de melhoria realizada pela gestão de condomínio no ano 2023, com substituição das luminárias exteriores, pelo que não foi de interesse neste estudo propor novas melhorias. Porém foi identificado na inspeção que as novas lâmpada das luminárias tipo 1 que foram substituídas têm menor eficiência luminosa apesar de ter menor potência, ou seja, substituíram lâmpadas 13W-1521lm por lâmpadas 12W-1155lm o que resulta numa eficiência anterior de 117lm/W para atual de 96,25lm/W . Recomenda-se um estudo luminotécnica detalhado para escolha de melhor lâmpadas das luminárias, sem comprometer a qualidade de iluminação.
Piscinas Aquecidas	34,29%	Consumo teórico médio mensal de energia elétrica de 7264,32 kWh equivalente a um custo médio mensal de 1825,28 €. Totalizando um valor aproximado de 43585,92 kWh de energia consumida anualmente à um custo total de 10951,68 €.	Não se consegue poupar a energia com procedimento de arranque e paragem do sistema de aquecimento diariamente, porque o tempo médio de aquecimento da piscina das crianças é de 113 horas equivalente a 4,69 dias e da piscina dos adultos é de 79 horas equivalente a 3,27 dias. Para uma disponibilidade de tempo de aquecimento de 14 horas não se justifica arranque e paragem da bomba de calor diariamente. Recomenda-se um estudo com simulação dinâmica usando a temperatura da água da piscina entre 24°C a 28°C em vez dos atuais 30°C.
Outros consumidores de serviço comum: Elevadores, ventiladores de desenfumagem do Piso -1, iluminação de emergência, etc.	45,11%	Não faz parte deste estudo	Não faz parte deste estudo

Sistema de Aquecimento do Bloco D

Uso privado

Potência de aquecimento total nos equipamentos instalados 129,6 kW

Potência de aquecimento do resultado da simulação é de 59,94 kW, identifica-se que existe um forte potencial na redução de consumo de energia com substituição de equipamento de menor potência. Porém recomenda-se uma análise de dados reais de faturação e perfil de funcionamento junto dos moradores.

Sistema de Arrefecimento do Bloco D

Uso privado

Potência de arrefecimento total nos equipamentos instalados 115,6 kW

Potência de aquecimento do resultado da simulação é de 178,66 kW, nesse cenário não se verifica possibilidade de poupança, mas recomenda-se uma análise com levantamento de dados reais junto dos moradores para se apurar possíveis soluções.

Resumo do peso de custo na fatura mensal

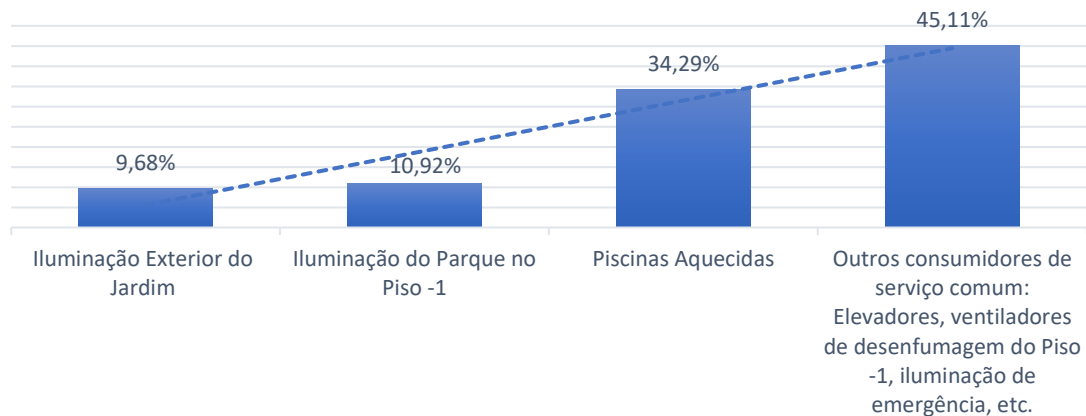


Gráfico 11: Resumo do peso de custo na fatura mensal de energia do serviço comum

4. CONCLUSÃO

A Temática da Eficiência Energética, tão discutida hoje em dia e que já bastante reconhecida nos âmbitos científico, político, económico e social, possui uma longa história e grandes propósitos à almejar. De acordo com a fundamentação teórica deste trabalho foi oportuno perceber esses percursos históricos, os propósitos da eficiência energética e o real interesse da mesma em diversas perspetivas. Percebe-se de uma forma macro que tudo surgiu em busca de redução das emissões de CO_2 que há décadas tem destruído o nosso planeta e o ecossistema, também devido à ameaça da escassez de combustíveis fósseis que antigamente eram a fonte principal da energia. Nesse sentido, vários encontros e conferências internacionais foram realizados para discutir e estruturar esta temática. Destes surgiram vários acordos internacionais, nacionais e regionais que remontam desde a descarbonização até às medidas de energias renováveis e eficiência energética.

Em relação aos acordos existentes, realço o Acordo de Paris em que Portugal faz parte juntamente com outros países membros da União Europeia, e desta Comissão saíram Diretivas para países membros aplicarem a nível nacional. Em Portugal existem várias leis, Decretos-Lei, portarias, despachos e outros documentos, manuais e guias relacionados com a descarbonização, eficiência energética e energias renováveis. Estes são delineados com base no objetivo macro da UE e adaptados a sua aplicabilidade a nível nacional e regional para auxiliar no cumprimento do objetivo da União. De realçar que para o melhor acompanhamento desses processos existem varias instituições públicas e privadas que auxiliam na promoção de conhecimentos, gestão e monitorização dos objetivos alcançados a nível nacional em relação a tudo o que envolve a energia e o ambiente.

Portugal assume grandes compromissos no PNEC 2030 para reduzir as emissões de GEE entre -45% a -55%, incorporação de energias renováveis no consumo final de energia 47% em 2030, redução da dependência energética do exterior para 65% em 2030, redução de consumo de energia primária 35% em 2030 e promovendo uma grande aposta na eficiência energética dos edifícios.

Neste projeto levantou-se a problematização de em que medida a aplicação das medidas de eficiência energética nos edifícios podem contribuir para descarbonização do

setor residencial, combater a pobreza energética e melhorar o padrão da qualidade de vida das pessoas. E com base nessa problemática, levantou-se a hipótese que considera que aplicar medidas de melhorias num edifício já existente é menos proveitoso e mais limitado do que aplicá-las num edifício novo na fase de construção ou fase de projeto previamente à sua construção. Também foi considerado que existem possibilidades na redução de consumo de energia nos sistemas AVAC, iluminação e piscinas que deverão ser exploradas.

Conclui-se que, com a elaboração deste projeto, foi possível confirmar que de facto a hipótese levantada sobre a limitação que tem um edifício existente face às medidas de melhorias da eficiência energética é uma realidade. Este facto deve-se à simulação energética dos elementos da envolvente que permitiu constatar que existem elementos da envolvente como pavimentos exteriores com um coeficiente de transmissão térmica de $0,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ enquanto que o requisito da norma obriga a ter $0,40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Uma vez que o edifício já está construído e em uso, não será possível corrigir esses pormenores a um custo viável.

Em relação melhorias no consumo de energia, no capítulo de simulação dinâmica do edifício no *Design Builder* foram identificados pontos que poderão auxiliar na redução do consumo de energia que são: o sistema de aquecimento existente do Bloco D está sobredimensionado com uma potência total de 129,6 kW enquanto que o resultado da simulação aponta para 59,94 kW como necessidade de potência de aquecimento; no estudo luminotécnico realizado no software *Dialux evo* foi verificado que existe a possibilidade de redução do consumo de energia associado à iluminação do parque no Piso -1, com a possibilidade de poupança de energia anual de 5 661,15 kWh e uma poupança monetária anual de aproximadamente 1 069,45 €, com um período de retorno simples de 4,7 anos. De salientar que esta medida de melhoria evitaria 2 038,01 kg de emissões de CO_2 por ano. Sobre a situação energética das piscinas aquecidas no exterior, chegou-se à conclusão, após análise, que não seria viável desligar as piscinas diariamente pelo que a poupança com esse procedimento não se justifica. Porém, recomenda-se fazer um estudo de simulação dinâmica com a temperatura entre os 24°C e os 28°C e testar a viabilidade do efeito no consumo energético.

Finalmente, e como é esperado, este trabalho teve um objetivo geral e objetivos específicos que foram cumpridos na íntegra e as hipóteses levantadas foram confirmadas

com sucesso. Foi um trabalho de grande dimensão e complexidade, sendo uma das dificuldades principais a modelação energética, devido ao facto de ser um condomínio de 110 apartamentos e ter centenas de zonas a serem modeladas geometricamente e parametrizadas. Para o efeito, tive um custo adicional com a aquisição de um computador novo com maior capacidade para poder processar toda essa informação. Apesar das dificuldades, foi um trabalho de muita aprendizagem e aplicações de quase tudo o que aprendemos neste curso de Mestrado em Engenharia e Gestão de Energia na Indústria e Edifícios.

Aproveito para deixar algumas recomendações de melhorias para futuros trabalhos neste tema.

4.1. Propostas de trabalhos futuros

Apesar de ter cumprido o objetivo geral deste projeto, queria deixar algumas recomendações que poderão servir de base para futuros trabalhos de melhoria deste projeto e melhorar ainda mais o consumo energético deste condomínio:

Primeiramente, sobre o capítulo de simulação energética do Bloco D no *Design Builder*, recomenda-se fazer uma pesquisa de campo, com base num inquérito aos moradores daquele Bloco para adquirir mais informações acerca de consumo de energias, tanto gás como eletricidade, perceber o perfil de consumo de cada um e comparar com as faturas mensais. É de igual importância perceber o interesse de cada um em ter uma redução de consumo, caso for possível, e saber quanto é que estariam dispostos a pagar para tal melhoria. Posteriormente fazer a simulação energética com dados reais, calcular o custo de investimento, o período de retorno de investimento e comparar com a opinião do inquérito se vale a pena avançar ou não com a proposta.

Em relação ao estudo relacionado com as piscinas, chegou-se à conclusão neste estudo que com base no processo de arranque e paragem diária dos sistemas de aquecimento das piscinas não seria possível viabilizar a poupança e compromete o conforto dos usuários. Porém recomenda-se baixar a temperatura de aquecimento da água para um intervalo entre 24°C e 28°C, em vez de atual 30°C, fazendo os cálculos e simulação dinâmica para se perceber desta viabilidade a nível de energia e custo associado. De salientar que de acordo com a norma NP 4542:2017 sobre Piscinas Requisitos de qualidade e tratamento da água para usos nos tanques, as piscinas ao ar livre

com água aquecida podem trabalhar com a temperatura da água entre os 24°C e 28°C ^[30].
(ver anexo VII).

Recomenda-se também dimensionar uma mini central fotovoltaica para a alimentação da energia elétrica nos serviços comuns do condomínio e ajudar na redução da faturação mensal.

5. REFERÊNCIAS

1. ESTRATÉGIA NACIONAL DE LONGO PRAZO PARA O COMBATE À POBREZA ENERGÉTICA 2021-2050 (documento para consulta pública) Portugal, abril de 2021.
2. Panorama Energético Mundial 2023 – Análise - IEA [Internet]. [citado 2024 Mai 25]; Available from: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
3. Energy Agency I. WEO 2023_ Executive summary_ Brazilian Portuguese. 2023 [citado 2024 Mai 30]; Available from: www.iea.org/terms
4. Acordos Internacionais sobre Alterações Climáticas - Iberdrola [Internet]. [citado 2024 Jun 24]; Available from: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/acordos-climaticos-internacionais>
5. Redução das emissões de carbono: objetivos e políticas da União Europeia | Temas | Parlamento Europeu [Internet]. [citado 2024 Jun 29]; Available from: <https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20180305STO99003/reducao-das-emissoes-de-carbono-metas-e-politicas-da-ue>
6. Renewables take the lead in power generation in 2023 - Eurostat [Internet]. [citado 2024 Jul 2]; Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240627-1>
7. DIRETIVA (UE) 2018/ 2002 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - de 11 de dezembro de 2018 - que altera a Diretiva 2012/ 27/ UE relativa à eficiência energética.
8. Soares I. Eficiência Energética e a ISO 50001. 1ª. Lisboa: Edições Sílabo, Lda; 2015.
9. Eficiência energética – Wikipédia, a enciclopédia livre [Internet]. [citado 2024 Jul 13]; Available from: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efici%C3%Aancia_energ%C3%A9tica
10. MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA IPSSs Projeto Eficiência Energética Solidária.
11. Diário da República, 1.ª série PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS.
12. Balanço T.; Sintético E. Balanço Energético Sintético 2023. [citado 2024 Jul 14]; Available from: www.dgeg.gov.pt
13. INE. Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico : 2020. 2021 [citado 2024 Abr 12]; 2020(1):1–7. Available from: <https://www.ine.pt/xurl/pub/48433981>
14. Edifícios [Internet]. [citado 2024 Jul 21]; Available from: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
15. Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto [Internet]. [citado 2024 Jul 21]; Available from: <https://files.dre.pt/1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>
16. Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro. [citado 2024 Jun 4]; Available from: <https://files.dre.pt/1s/2020/12/23701/0002100045.pdf>
17. GUIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA N O V A E D I Ç Ã O.

18. Energia na minha Casa | Cinergia - Centro de Informação para a Energia [Internet]. [citado 2024 Jul 25];Available from: <https://cinergia.pt/pt/energia-na-minha-casa>
19. Guia SCE-Indicadores de Desempenho Energético (REH).
20. Parte C. Diário da República, 2.ª série. [citado 2024 Jul 26];Available from: <https://files.dre.pt/2s/2021/07/12600001/0000200008.pdf>
21. Mendes JC, Guerreiro MR, Pina dos Santos CA, Vasconcelos de Paiva JA. Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus-Dias. Lisboa: 1989.
22. Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización E F I C I E N C I A Y A H O R R O E N E R G É T I C O Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto. [citado 2024 Ago 10];Available from: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf
23. Pina dos Santos CA, Matias L. ITE 50: Coeficiente de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa: 2006.
24. Guide C. Environmental design CIBSE Guide A. Available from: <https://ierga.com/hr/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/CIBSE-Guide-A-Environmental-design.pdf>
25. Configurador de Vidro Calumen® | Saint-Gobain Portugal [Internet]. [citado 2024 Ago 31];Available from: <https://www.saint-gobain.pt/calumen>
26. Manual SCE: Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios [Internet]. [citado 2024 Jul 14]. Available from: <https://www.dgeg.gov.pt/media/k4wowzjg/manual-sce-05022023.pdf>
27. MAS LEDtube 1500mm HO 18.2W 840 T8 | 929001923002 | Philips lighting [Internet]. [citado 2024 Out 31];Available from: https://www.lighting.philips.pt/prof/lampadas-e-tubos-led/tubos-led/master-tubo-led-em-230v-t8/929001923002_EU/product
28. Barbosa Lemes Júnior A, Miessa Rigo C, Mussi Szabo Cherobim AP. Administração Financeira Princípios, Fundamentos e Práticas Brasileiras. 3ª. São Paulo - Brasil: 2010.
29. Norma Portuguesa - NP 4448:2007 Aquecimento solar; Instalações solares térmicas para aquecimento de piscinas; Regra de dimensionamento; Concepção e Instalação. Lisboa: 2007.
30. Instituto Português da Qualidade. Norma Portuguesa 4542. 2017;Available from: <https://pt.scribd.com/document/516088929/Norma-Portuguesa-45422017>
31. Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação. Portaria n.º 138-I/2021 | DR [Internet]. 2021 [citado 2024 Set 19];Available from: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/138-i-2021-166296492>
32. Manual de Auditorias Energéticas na Indústria - SGCIE [Internet]. [citado 2024 Nov 5];Available from: <https://sgcie.pt/manual-de-auditorias-energeticas/>

6. APÊNDICE

6.1. Anexo I: Exemplo de Certificado Energético de Edifício de Habitação



Figura 33: Exemplo de Certificado Energético de Edifícios de Habitação (Fonte: CENERGIA)

6.2. Anexo II: Exemplo de Certificado Energético de Grande Edifício de Comércio e Serviços



Figura 34: Exemplo de Certificado Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (Fonte: CINERGIA)

6.3. Anexo III: Localização das 75 estações climatológicas do Continente

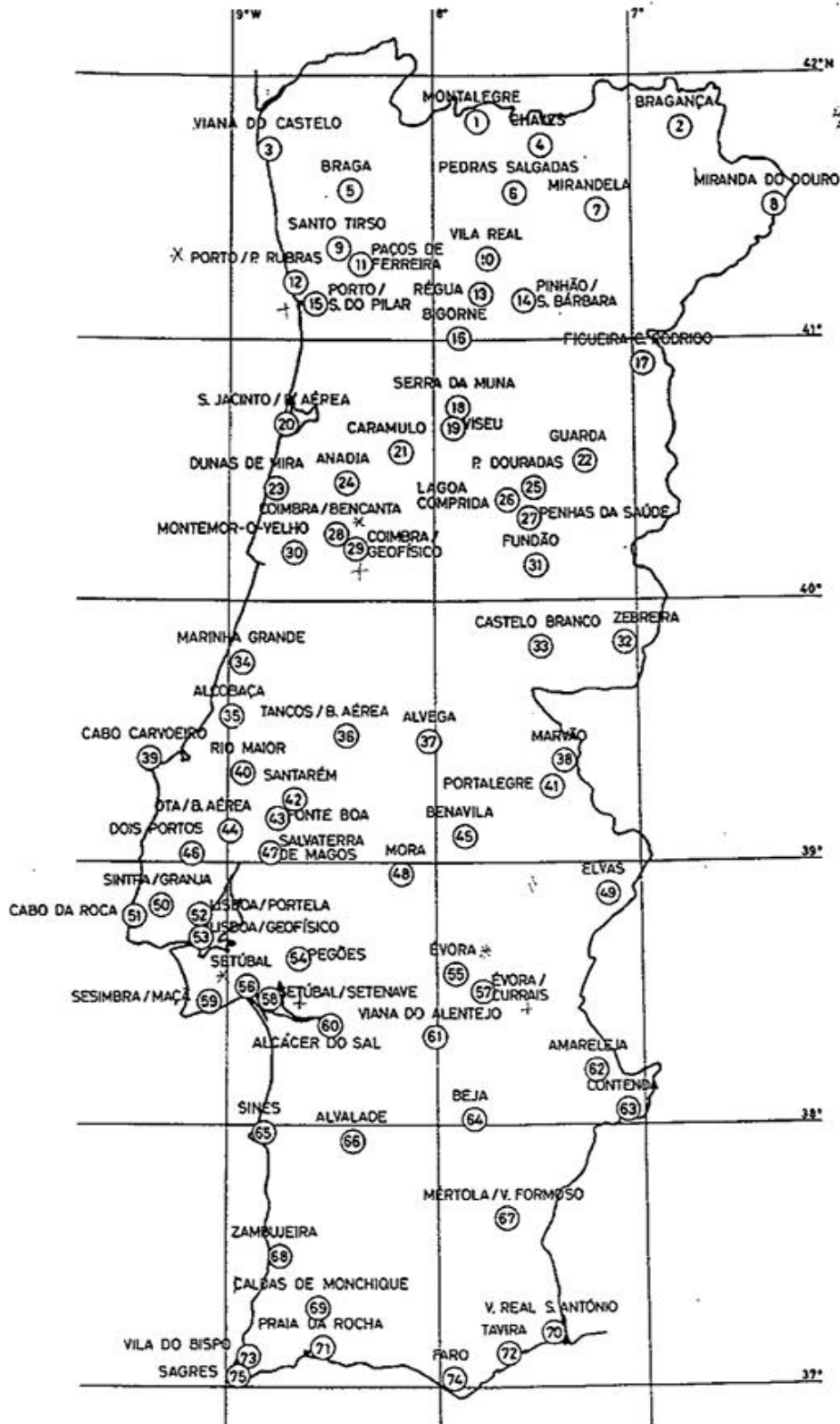


Figura 35: Localização das 75 estações climatológicas do Continente (Fonte: INMG/LNEC)

6.4. Anexo IV: Temperaturas Exteriores de Projeto de Inverno

Tabela 73: Temperaturas Exteriores do Projeto de Inverno (Fonte: INMG/LNEC)

Quadro I.A - 1 (cont.)
 TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE INVERNO
 (PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 1, 2.5, 5 e 10%)

REGIÃO	NUMERO DE ORDEM	LOCAL	PROB.(%)			
			1.0	2.5	5.0	10.0
CONTINENTE	30	MONTEMOR-O-VELHO	-1.6	-0.1	1.5	3.5
	31	FUNDAO	-2.5	-1.2	0.1	1.7
	32	ZEBREIRA	-1.9	-0.4	1.4	3.0
	33	CASTELO BRANCO	0.1	1.4	2.7	4.0
	34	MARINHA GRANDE	-1.9	-0.8	0.6	2.2
	35	ALCOBACA	-1.9	-0.2	1.4	3.3
	36	TANCOS/BASE AEREA	-1.8	-0.5	0.8	2.6
	37	ALVEGA	-3.0	-1.4	0.1	2.0
	38	MARVAO	-1.7	-0.2	0.9	2.3
	39	CABO CARVOEIRO	4.6	6.0	7.1	8.4
	40	RIO MAIOR	-2.7	-1.3	0.1	2.2
	41	PORTALEGRE	0.2	1.5	2.8	4.3
	42	SANTAREM	-0.2	1.2	2.6	4.3
	43	FONTE BOA	1.1	2.4	3.6	5.2
	44	OTA/BASE AEREA	0.3	1.7	3.0	4.8
	45	BENAVILA	0.0	1.3	2.5	4.2
	46	DOIS PORTOS	0.5	2.0	3.4	5.0
	47	SALVATERRA DE MAGOS	-1.8	-0.5	0.9	3.0
	48	MORA	-0.8	0.6	1.9	3.6
	49	ELVAS	-1.6	-0.2	1.1	3.0
	50	SINTRA/GRANJA	-0.3	1.1	2.5	4.4
	51	CABO DA ROCA	4.9	6.1	7.1	8.5
	52	LISBOA/PORTELA	3.2	4.4	5.4	6.6
	53	LISBOA/GEOFISICO	4.3	5.5	6.4	7.6
	54	PEGUES	-0.2	1.1	2.5	4.1
	55	EVORA	1.2	2.7	3.9	5.2
	56	SETUBAL	-0.3	1.1	2.4	4.3
	57	EVORA/CURRAIS	-1.7	-0.2	1.1	2.7
58	SETUBAL/SETENAVE	2.0	3.1	4.5	6.1	

6.5. Anexo V: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão

Tabela 74: Temperaturas Exteriores de Projeto de Verão (Fonte: INMG/LNEC)

Quadro II.A - 1 (cont.)
TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE VERÃO
 (PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 90, 95, 97.5 e 99%)
 E AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA DO MÊS MAIS QUENTE

RECIAO	NUM. DE ORDEM	LOCAL	T TERM. SECO				TW TERM. MOLHADO COINCIDENTE COM T				TW TERM. MOLHADO				AMPLITUDE TERMICA DIARIA
			99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	
CONTINENTE	30	MONTENJUR-D-VELHO	32.3	30.0	27.7	25.5	22.0	21.1	20.2	19.6	22.9	21.8	21.0	20.1	10.5
	31	FUNDAD	34.8	33.5	32.1	30.1	20.5	19.9	19.6	18.9	22.3	21.1	20.1	19.2	15.0
	32	ZEBREIRA	36.4	34.9	33.5	31.7	19.8	19.5	19.2	18.6	21.3	20.6	20.0	19.1	14.8
	33	CASTELO BRANCO	36.2	34.9	33.6	31.7	21.5	21.1	20.7	19.9	24.1	22.3	21.3	20.3	14.1
	34	MAINHÃ GRANDE	31.5	28.7	26.2	24.3	20.3	19.6	19.4	19.0	21.7	20.8	20.2	19.4	10.5
	35	ALCOBACA	33.1	30.5	28.0	25.6	21.5	20.6	19.9	19.2	22.2	21.3	20.5	19.7	11.8
	36	TANCOS/B. AEREA	36.1	34.2	32.4	30.2	21.9	21.3	20.9	20.1	22.7	21.9	21.3	20.5	15.1
	37	ALVEGA	36.9	35.0	33.3	31.2	23.2	22.2	21.8	21.0	24.4	23.4	22.6	21.7	17.1
	38	MARVÃO	31.8	30.4	29.2	27.4	18.5	18.2	17.9	17.3	20.9	19.7	18.9	18.0	10.1
	39	CAJO CARVOEIRO	23.9	22.2	21.4	20.6	18.8	18.5	18.5	18.0	19.8	19.3	18.8	18.4	4.1
	40	RIO MAIOR	34.5	32.3	30.0	27.6	22.1	21.5	20.7	20.0	23.1	22.2	21.5	20.6	13.2
	41	PORTALEGRE	33.6	32.2	30.7	29.1	18.4	17.8	17.4	17.1	19.5	19.1	18.5	17.8	13.5
	42	SANTARÉM	35.6	33.6	31.9	29.7	21.9	21.3	20.8	20.1	22.8	22.0	21.4	20.6	15.5
	43	FONTE BOA	35.7	33.6	31.9	29.4	22.6	21.9	21.3	20.5	24.0	22.7	21.8	20.8	14.3
	44	UTA/BASE AEREA	34.8	32.8	30.9	28.6	22.1	21.2	20.6	19.9	22.7	21.9	21.2	20.4	11.9
	45	BENAVILA	37.0	35.3	33.7	31.6	22.6	21.9	21.3	20.5	23.7	22.7	21.9	20.9	16.5
	46	DOIS PORTOS	32.8	30.7	28.5	26.0	21.6	20.8	20.2	19.8	22.6	21.6	20.8	19.9	11.3
	47	SALVATERRA DE MAGOS	34.0	32.2	30.3	28.2	22.7	21.8	21.3	20.4	24.1	22.7	21.9	21.0	13.9
	48	MOIRA	36.3	34.4	32.8	30.8	22.5	21.8	21.2	20.5	23.8	22.8	22.0	21.0	15.9
	49	ELVAS	37.0	35.7	34.3	32.4	21.8	21.7	21.1	20.4	23.5	22.5	21.8	20.8	17.2
	50	SINTRA/GRANJA	31.6	29.3	25.9	24.7	20.5	19.6	19.3	18.8	21.4	20.6	20.0	19.3	9.9
	51	CABO DA ROÇA	27.6	25.1	23.1	21.4	19.4	18.7	18.1	17.9	20.6	19.5	19.0	18.4	5.9
	52	LISBOA/PORTELA	33.3	31.4	29.4	27.0	22.2	21.2	20.4	19.6	23.0	22.0	21.0	20.0	11.2
	53	LISBOA/GEOFISICO	32.9	31.2	29.7	27.5	20.8	20.3	19.9	19.4	21.9	21.2	20.6	19.9	10.5
	54	PEGÕES	35.5	33.7	32.0	29.8	22.0	21.4	21.0	20.4	23.1	22.3	21.6	20.9	16.1
	55	EVORA	35.4	33.7	32.0	30.2	19.9	19.3	19.1	18.6	21.0	20.3	19.8	19.0	13.8
	56	SETUBAL	34.4	32.5	30.9	28.8	21.8	21.3	20.7	20.1	23.8	22.2	21.4	20.6	13.4
	57	EVORA/CJRRAIS	36.9	35.2	33.7	31.7	22.5	21.9	21.3	20.4	24.1	22.9	22.0	20.9	17.6
	58	SETUBAL/SFTEHAVE	34.0	32.1	30.4	28.3	21.8	21.3	20.7	19.9	23.1	22.0	21.3	20.5	12.2

6.6. Anexo VI: Coeficiente de transmissão térmica superficial máxima das envolvente opaca dos edifícios de habitação – Portugal Continental

Tabela 75: Requisitos de Avaliação da Envolvente opaca

Tabela 1 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação — Portugal Continental, $U_{\text{máx}}$ [W/(m².°C)]

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente.	Verticais	Exterior ou interior com $b_{\text{zu}} > 0,7$	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{\text{zu}} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{\text{zu}} > 0,7$	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{\text{zu}} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{\text{zu}} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{\text{zu}} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{\text{zu}} > 0,7$	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{\text{zu}} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

Fonte: Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho ^[31]

Tabela 76: Requisitos de Avaliação da Envolvente envidraçados

Tabela 6 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada, $U_{\text{w,máx}}$ [W/(m².°C)]

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma da Madeira:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma dos Açores:			
Edifícios de habitação	2,90	2,60	2,40
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

Fonte: Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho ^[31]

6.7. Anexo VII: Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux

Tabela 25 — Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux ($DPI_{100\text{lx,máx}}$)

Tipo de espaço	$DPI_{100\text{lx,máx}}$ [(W/m ²)/100 lx]
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	1,3
Escritório individual 1-6 pessoas	1,5
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	1,5
Show room e salas de exposição, museus	1,5
Salas de congressos/ Hall de exposições	1,5
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	1,5
Laboratórios, salas de exames/tratamento ⁽¹⁾ , blocos operatórios ⁽¹⁾	1,5
Salas de pré e pós-operatório	2,1
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares	2,1
Cozinhas industriais e hoteleiras e armazéns de apoio	2,1
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem	2,1

Fonte: Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho

Tipo de espaço	$DPI_{100\text{lx,máx}}$ [(W/m ²)/100 lx]
Parques de estacionamento interiores	2,1
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes	2,1
Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral — zona de público, espaços fabris em geral	2,1
Hall/entradas, corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais ⁽²⁾ , salas de refeições (exceto restaurantes)	2,3

⁽¹⁾ O valor do $DPI/100\text{lux}$ pode ser ajustado de acordo com necessidades especiais.

⁽²⁾ Inclui a instalação de iluminação interior do quarto/enfermaria e WC, formada por iluminação geral, iluminação de leitura e iluminação para exames.

Fonte: Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho

6.8. Anexo VIII: Temperatura da água e condições de conforto térmico das piscinas

Tabela 77: Temperatura da água e condições de conforto térmico das piscinas

**NP 4542
2017**

p. 23 de 25

Anexo D (normativo)

Temperatura da água e condições de conforto térmico

No presente Anexo são dadas indicações complementares às disposições constantes da secção 5.5.7 da Norma NP EN 15288-1:2008+A1:2013

Quadro D.1 – Temperatura da água nas piscinas e tanques de atividades

Tipologia de piscinas/funções de atividades	Temperatura da água
Piscinas desportivas para natação pura, polo aquático e natação sincronizada	24 °C a 26 °C
Piscinas para saltos desportivos e atividades subaquáticas	26 °C a 28 °C
Piscinas de aprendizagem, de recreio, de diversão/lazer ou polivalentes	26 °C a 28 °C
Piscinas de manutenção e piscinas infantis	28 °C a 32 °C
Piscinas ao ar livre com água aquecida	24 °C a 28 °C
Piscinas de hidroterapia	30 °C a 36 °C

Fonte: NP 4542:2017