

Impacto energético e económico da alteração dos *setpoints* de temperatura dos sistemas de climatização em Edifícios de Comércio e Serviços

Versão final após defesa

Nuno Eduardo Cerejo da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Electromecânica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Borges de Miranda

novembro de 2023

Declaração de Integridade

Eu, Nuno Eduardo Cerejo da Silva, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M1520 do 2.º Ciclo em Engenharia Electromecânica da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 24/11/23

Assinado por: **NUNO EDUARDO CEREJO DA SILVA**
Num. de Identificação: 11591366
Data: 2023.11.24 23:38:42+00'00'

Agradecimentos

A presente Dissertação materializa um passo para a concretização de uma ambição, adiada durante anos por motivos pessoais, familiares e profissionais.

Eis que finalmente um misto de motivação pessoal e apoio simultâneo da parte de várias pessoas permitiram a concretização deste trabalho. A algumas dessas pessoas em particular dedico as palavras seguintes como forma de apresentar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Doutor Alexandre Borges de Miranda, Professor do Departamento de Engenharia Eletromecânica, pela orientação durante a realização deste trabalho, mas também pela paciência, a disponibilidade e a forma absolutamente altruísta com que me acompanhou nesta jornada.

Ao Doutor Davide Sérgio Baptista da Fonseca, Professor do Departamento de Engenharia Eletromecânica, pela disponibilidade, incentivo e ajuda no processo de retoma de estudos.

À minha esposa Sónia pela sua compreensão e apoio.

Aos meus dois filhos, Francisca e António, são eles que me inspiram diariamente.

Resumo

Em Portugal mais de um terço do consumo de energia fica a dever-se ao funcionamento de edifícios, dos quais 13,4% do consumo de energia final fica a dever-se ao edificado do setor de comércio e serviços [7].

Em fevereiro de 2022, com a invasão da Ucrânia pela Rússia, num contexto de grande incerteza quanto à capacidade de suprimento das necessidades energéticas na Europa que dependiam em boa parte dos combustíveis fósseis fornecidos pelo país invasor, uma das medidas que imediatamente foi adotada por vários países, foi a colocação de limites à utilização dos equipamentos de climatização, nomeadamente no que respeita à definição da temperatura de funcionamento [11][12][13].

Determinou-se então que se deveria adotar uma temperatura superior à temperatura de referência na estação de arrefecimento e uma temperatura inferior na estação de aquecimento priorizando-se a redução dos consumos em detrimento do conforto dos utilizadores.

Pretende-se com este trabalho aferir qual o impacto energético e económico deste ajuste e estimar as economias de energia resultantes desta ação.

Para o efeito serão utilizadas as informações estatísticas disponibilizadas pela ADENE que caracterizam o comportamento térmico do edificado. Com base nessa informação e através de modelos de simulação dinâmica dos edifícios, é possível aferir a variação do comportamento em termos de consumo em função das variações da temperatura de funcionamento definida para os sistemas.

Através da modelação de vários edifícios de classe energética diferente, foi retratado o comportamento de todo o espectro da classificação dos edifícios. Os requisitos e a metodologia para definição desses modelos de simulação foram baseadas na regulamentação portuguesa do Sistema de Certificação Energética.

Palavras-chave

Edifícios, eficiência energética, simulação dinâmica, energia, descarbonização

Abstract

In Portugal, more than a third of energy consumption is due to the operation of buildings, of which 13.4% of final energy consumption is due to buildings in the trade and services sector.

In the year 2021, with the invasion of Ukraine by Russia, in a context of great uncertainty regarding the capacity to supply energy needs in Europe that depended largely on fossil fuels supplied by the invading country, one of the measures that was immediately adopted by several countries, was the placing of limits on the use of air conditioning equipment, namely with regard to the definition of the operating temperature.

It was then determined that a temperature higher than the reference temperature should be adopted in the cooling season and a lower temperature in the heating season, prioritizing the reduction of consumption to the detriment of user comfort.

The aim of this work is to assess the energy and economic impact of this adjustment and estimate the energy savings resulting from this action.

For this purpose, statistical information provided by ADENE that characterize the thermal behavior of the building will be used. Based on this information and through dynamic simulation models of buildings, it is possible to assess the variation in behavior in terms of consumption depending on the variations in the operating temperature defined for the systems.

The requirements and methodology for defining the various simulation models are based on the regulations of the Portuguese Energy Certification System.

Keywords

Buildings, energy efficiency, dynamic simulation, energy, decarbonization

Conteúdo

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Palavras-chave	vi
Abstract	viii
Keywords	viii
Conteúdo.....	x
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Tabelas	xvi
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Evolução da regulamentação da construção dos edifícios em Portugal do ponto de vista térmico	1
1.2. Contextualização das necessidades energéticas dos edifícios e potencial de poupança	3
Capítulo 2	5
Estado da arte	5
2.1. O sistema de certificação energética (SCE).....	5
2.2. Legislação em vigor para edifícios em Portugal no âmbito da eficiência energética e do SCE.....	6
2.3. Classificação energética dos edifícios	8
2.4. Simulação dinâmica de edifícios.....	11
Capítulo 3	12
Conceitos da térmica de edifícios	12

3.1. Envolvente.....	12
3.2. Envolvente opaca	13
3.3. Envolvente envidraçada.....	14
3.4. Zonamento climático	15
Capítulo 4.....	16
Requisitos mínimos	16
4.1. Conceito de requisito mínimo	16
4.2. Requisitos da qualidade térmica da envolvente opaca.....	16
4.3. Requisitos da qualidade da envolvente envidraçada.....	17
4.4. Requisitos gerais e de eficiência de sistemas técnicos.....	18
4.5. Requisitos de desempenho energético	19
Capítulo 5.....	21
Tratamento estatístico do objeto em análise.....	21
5.1. Estatística da classificação energética do edificado	21
5.2. <i>O Software</i> HAP (Hourly Analysis Program).....	24
5.3. Definição dos modelos de simulação.....	26
a) Zonamento climático	26
b) Definição dos horários	26
a) Caraterização do edifício.....	27
b) Caraterização da envolvente	28
c) Caraterização dos sistemas de climatização	29
d) Caraterização dos sistemas de ar novo.....	29
5.4. Simulação no software HAP	30
a) Arquitetura do edifício.....	30
b) Clima	31

c) Introdução de informação no modelo de simulação	32
d) Resultados da simulação – edifício previsto.....	35
e) Edifício de referência	36
f) Resultados da simulação – edifício de referência.....	38
g) Alteração dos set-points do sistema de climatização do edifício previsto e determinação do potencial de poupança	39
Capítulo 6.....	40
Resultados por Classe Energética.....	40
6.1. Modelo de simulação Classe F.....	41
6.2. Modelo de simulação Classe E.....	45
6.3. Modelo de simulação Classe D.....	49
6.4. Modelo de simulação Classe C.....	53
6.5. Modelo de simulação Classe B-	57
6.6. Modelo de simulação Classe B.....	61
6.7. Modelo de simulação Classe A.....	65
6.8. Modelo de simulação Classe A+	69
Capítulo 7	73
Conclusão e sugestões para trabalhos futuros.....	73
7.1. Conclusão	73
7.2. Trabalhos futuros.....	77
Referências Bibliográficas	79
Apêndice A	84
A.1 Relatório do Sistema Solar Fotovoltaico	84
A.2 Relatório da simulação A+	90
Definições	94
Siglas e acrónimos	95

Simbologia	96
-------------------------	-----------

Lista de Figuras

FIGURA 1 - RESUMO DA EVOLUÇÃO REGULAMENTAR [5].....	2
FIGURA 2 – CONSUMO FINAL BRUTO DE ENERGIA EM PORTUGAL [7].....	3
FIGURA 3 – EXEMPLOS DE LIMITAÇÃO AO FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO...	4
FIGURA 4 – BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS INTELIGENTES (FONTE: EC.EUROPA.EU) .	6
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO DAS ZONAS CLIMÁTICAS NO CONTINENTE [40].....	15
FIGURA 6 – DADOS ESTATÍSTICOS ADENE [33].....	21
FIGURA 7 – DESAGREGAÇÃO DE CES POR CLASSE (FONTE: ADENE)	23
FIGURA 8 - BUILDING WIZARD DO SOFTWARE HAP	30
FIGURA 9 – MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE.....	30
FIGURA 10 – GERAÇÃO DE FICHEIRO METEOROLÓGICO NO SCE.CLIMA.....	31
FIGURA 11 – DEFINIÇÃO DO CLIMA NO SOFTWARE HAP	32
FIGURA 12 – DEFINIÇÃO DE PERFIS HORÁRIOS NO SOFTWARE HAP.....	32
FIGURA 13 – DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE OPACA NO SOFTWARE HAP.....	33
FIGURA 14 – DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA NO SOFTWARE HAP.....	33
FIGURA 15 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS TÉRMICAS NO SOFTWARE HAP	34
FIGURA 16 – DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NO SOFTWARE HAP.....	34
FIGURA 17 – NECESSIDADES TÉRMICAS AO LONGO DO ANO	35
FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO	36
FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE F) ..	44
FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE E) .	48
FIGURA 21 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE D)..	52
FIGURA 22 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE C)..	56
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE B-) .	60
FIGURA 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE B) .	64
FIGURA 25 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE A)..	68
FIGURA 26 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CONSUMO DO EDIFÍCIO PREVISTO POR USO (CLASSE A+) .	72
FIGURA 27 – REDUÇÃO DE CONSUMO COM CLIMATIZAÇÃO POR CLASSE ENERGÉTICA, POR ALTERAÇÃO DOS SET-POINT	73
FIGURA 28 - REDUÇÃO DE CONSUMO GLOBAL DO EDIFÍCIO POR CLASSE ENERGÉTICA, POR ALTERAÇÃO DOS SET-POINT	74
FIGURA 29 – REDUÇÃO DE CONSUMO POR UNIDADE DE ÁREA	74
FIGURA 30 – REDUÇÃO DE CONSUMO POR UNIDADE DE ÁREA	75
FIGURA 31 – POTENCIAL DE POUPANÇA POR CLASSE ENERGÉTICA	75

Lista de Tabelas

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA EM FUNÇÃO DO R_{IEE}	10
TABELA 2 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAIS MÁXIMOS - ENVOLVENTE OPACA [31]	16
TABELA 3 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAIS MÁXIMOS - ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA [31]	17
TABELA 4 – FATORES SOLARES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS [31].....	18
TABELA 5 – REQUISITOS DOS EDIFÍCIOS DE C&S NOVOS [32]	20
TABELA 6 – REQUISITOS DOS EDIFÍCIOS DE C&S SUJEITOS A GRANDE RENOVAÇÃO [32]	20
TABELA 7 - QUANTIFICAÇÃO DOS CÉS EMITIDOS POR DISTRITO NO PERÍODO 2014-22, EM VALOR ABSOLUTO	22
TABELA 8 – DADOS ESTATÍSTICOS A APLICAR	23
TABELA 9 – PERFIS POR DEFEITO PARA EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO [TABELA 176 DO MANUAL SCE]	27
TABELA 10 – OUTROS DADOS A ADOTAR NO EDIFÍCIO PREVISTO	27
TABELA 11 - COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA POR DEFEITO PARA PAVIMENTOS E COBERTURAS	28
TABELA 12 – PARÂMETROS DE CÁLCULO PARA VÃOS ENVIDRAÇADOS	28
TABELA 13 – SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E RESPECTIVA EFICIÊNCIA	29
TABELA 14 – NOTAÇÃO PARA MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE [18]	31
TABELA 15 – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DINÂMICA DO EDIFÍCIO PREVISTO	35
TABELA 16 – CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO.....	36
TABELA 17 – RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA	38
TABELA 18 – CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA VS PREVISTO	38
TABELA 19 – CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO NO REGIME [18;27] °C.....	39
TABELA 20 – PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE F)	41
TABELA 21 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE F)	42
TABELA 22 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE F)	42
TABELA 23 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE F).....	43
TABELA 24 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE F)	43
TABELA 25 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE F).....	44
TABELA 26 – PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE E)	45
TABELA 27 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE E)	46
TABELA 28 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE E)	46
TABELA 29 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE E)	47
TABELA 30 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE E).....	47
TABELA 31 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE E).....	48
TABELA 32 – PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE D).....	49
TABELA 33 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE D)	50
TABELA 34 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE D)	50
TABELA 35 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE D)	51
TABELA 36 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE D).....	51
TABELA 37 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE D)	52
TABELA 38 - PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE C)	53
TABELA 39 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE C).....	54
TABELA 40 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE C)	54
TABELA 41 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE C).....	55
TABELA 42 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE C)	55
TABELA 43 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE C)	56
TABELA 44 - PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE B-).....	58
TABELA 45 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE B-)	58
TABELA 46 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE B-).....	58
TABELA 47 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE B-)	59
TABELA 48 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE B-)	59

TABELA 49 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE B-)	60
TABELA 50 - PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE B)	61
TABELA 51 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE B)	62
TABELA 52 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE B)	62
TABELA 53 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE B)	63
TABELA 54 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE B)	63
TABELA 55 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE B)	64
TABELA 56 – PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE A)	65
TABELA 57 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE A)	66
TABELA 58 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE A)	66
TABELA 59 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE A)	67
TABELA 60 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE A)	67
TABELA 61 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE A)	68
TABELA 62 – PRESSUPOSTOS EDIFÍCIO PREVISTO VS REFERÊNCIA (CLASSE A+)	69
TABELA 63 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE A+)	70
TABELA 64 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA (CLASSE A+)	70
TABELA 65 - RESULTADOS DA SDM DO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18-27] (CLASSE A+)	71
TABELA 66 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO (CLASSE A+)	71
TABELA 67 - CONSUMOS DE ENERGIA NO EDIFÍCIO PREVISTO, REGIME [18;27] °C (CLASSE A+)	72
TABELA 68 – RESUMO DOS VALORES OBTIDOS – REDUÇÃO RESULTADO DA ALTERAÇÃO DOS SET-POINT	73
TABELA 69 - RESUMO DOS VALORES OBTIDOS - POUPANÇA	76

Capítulo 1

Introdução

1.1. Evolução da regulamentação da construção dos edifícios em Portugal do ponto de vista térmico

Na perspetiva do presente trabalho a evolução da construção em Portugal do ponto de vista térmico pode-se dividir em duas fases, a primeira onde sobressai uma total ausência de regulamentação sobre o tema e uma segunda, onde a necessidade de melhores condições de salubridade e conforto térmico bem como a preocupação com o consumo energético passa a estar plasmada na lei.

A primeira fase durou até ao início da década de 90 do século XX, período em que a construção no nosso país pautou por uma total ausência de regras específicas no que respeita ao desempenho térmico [1].

A partir de 1990, com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro estava iniciada uma nova época a respeito da temática energética dos edifícios. Este diploma denominado por Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (**RCCTE**) introduzia alguns conceitos importantes como zonamento climático, envolvente e respetivos requisitos de desempenho térmico [2]. À questão da melhoria da qualidade térmica da envolvente, seguiu-se a regulamentação das condições de utilização dos equipamentos e sistemas nos edifícios. Neste sentido, Decreto-lei 156/92 de 29 de Julho que antecedeu o Decreto-Lei 118/98 de 7 de Maio impunham mais um passo na utilização mais racional da energia. Este diploma que ficou conhecido como Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, primeira versão do **RCESE**, incidia já sobre a qualidade das prestações dos equipamentos instalados assim como determinava alguns requisitos de dimensionamento [3].

Um marco importante desta evolução acontece no ano de 2006, momento em que se transpõe para a legislação nacional a Diretiva 2002/91/CE. Esta diretiva estabelece que os Estados membros da União Europeia deveriam implementar um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios. São então publicados os Decreto-lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006 de 4 de abril [4]. Estes três diplomas correspondem respetivamente à criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e à evolução dos regulamentos RCESE e RCCTE já existentes anteriormente.

É neste momento que surge no nosso país o Certificado Energético, como forma de documento de avaliação energética de um edifício e os técnicos do SCE, nomeadamente a figura do Perito Qualificado, que entre outras responsabilidades são quem procede à emissão dos referidos certificados.

Em 2013 nova evolução no tema, desta vez através da transposição da Diretiva 2010/31/UE. Em termos de designação o sistema de sistema, passamos a ter o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e os respetivos regulamentos a ter a designação de **REH** (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação) e **RECS** (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços) que substituem os anteriores RCCTE E RCESE respetivamente.

Esta nova regulamentação, englobada no Decreto-lei 118/2013 de 20 de agosto, impõe novos requisitos de eficiência o que necessariamente se traduz na diminuição das necessidades energéticas dos edifícios e as metodologias de cálculo são atualizadas.

Finalmente com a transposição nacional da Diretiva 2018/844/UE, através do DL 101-D/2020 de 7 de dezembro somos chegados aos nossos dias. Este diploma e respetiva legislação complementar vêm continuar a trajetória de refinamento dos requisitos e das metodologias de cálculo para classificação energética dos edifícios.

A par destas melhorias, identificam-se ainda a título de exemplo algumas linhas da diretiva que reforça a necessidade de promoção da mobilidade elétrica com a introdução da obrigatoriedade da implementação de infraestruturas de carregamento de veículos elétricos em edifícios novos ou sujeitos a renovação e o reforço do papel da gestão técnica, nesta temática denominados por **SACE** (Sistemas de Automatização e Controlo dos Edifícios), que dependendo da potência nominal dos sistemas de climatização instalados, passam no caso dos Edifícios de Comércio e Serviços a ter um prazo para a sua implementação obrigatória. [5]

A figura seguinte resume a descrição anterior:

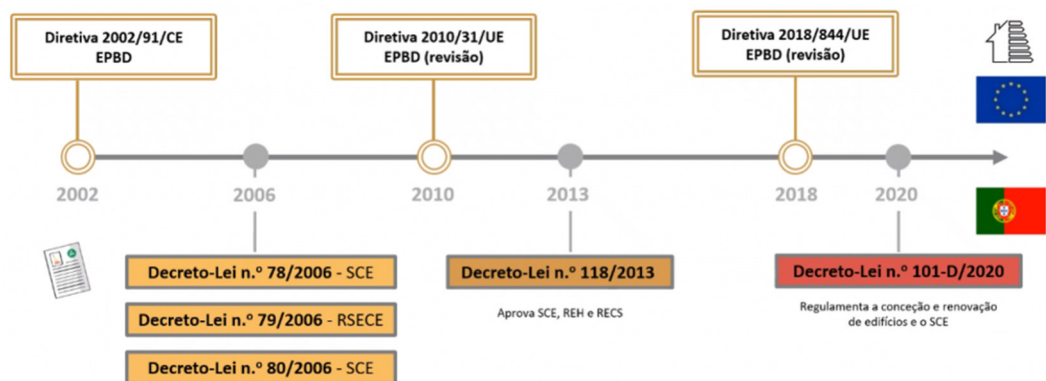


Figura 1 - Resumo da evolução regulamentar [5]

1.2. Contextualização das necessidades energéticas dos edifícios e potencial de poupança

Estatisticamente o setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final (27% dizem respeito a edifícios residenciais e 13% a edifícios de serviços) que corresponde à maior fração de consumo de energia de entre os setores de atividade económica na Europa [6].

Em Portugal, no ano 2020 o setor dos edifícios foi o que mais contribuiu para o consumo final de energia, com um peso de cerca de 32,9% do consumo final de energia (19,4% referentes ao setor doméstico e 13,4% ao setor serviços), semelhante ao do setor da indústria transformadora (28,8%) e ao dos transportes (32,6%). [7].

O Balanço Energético Nacional publicado pela DGEg permite confirmar estes dados:



Figura 2 – Consumo Final Bruto de Energia em Portugal [7]

Porém, mais de 50% do consumo de energia do setor dos edifícios pode ser reduzido através da implementação de medidas de melhoria de eficiência energética [8]. Fica então evidente que os edifícios têm um enorme potencial de contribuição para o combate às alterações climáticas sendo possível simultaneamente a redução dos consumos energéticos e das emissões enquanto se aumentam os padrões de segurança e conforto dos utilizadores.

A diminuição das emissões de gases com efeito de estufa, principal causa do aquecimento global e das consequentes alterações climáticas, há muito se encontram na agenda nacional e internacional. A este respeito, salienta-se aquele que ficou conhecido por Acordo de Paris. Este tratado internacional visa a descarbonização das economias mundiais [9] e estabelece como objetivo de longo prazo limitar o aumento da temperatura média global.

O Acordo de Paris foi aberto para assinatura em 22 de abril de 2016 e desde essa data até outubro de 2021 194 países já haviam ratificado o acordo e também pela União Europeia [10].

Acontece que em fevereiro de 2022, com a invasão da Ucrânia pela Rússia novos desafios se colocaram, nomeadamente à EU, em virtude da elevada dependência dos combustíveis fósseis oriundos da Rússia. As sanções económicas impostas ao país invasor forçam uma necessidade brusca de redução da dependência energética dos países da Europa.

Para o efeito da diminuição dos consumos energéticos, vários setores foram chamados a contribuir, entre os quais o setor dos edifícios. Esta necessidade potenciou a instalação de sistemas de climatização mais eficientes, nomeadamente a utilização de sistemas do tipo bomba de calor para satisfação das necessidades de aquecimento e arrefecimento, a substituição de sistemas de iluminação convencionais por iluminação de tecnologia LED e o incremento de produção fotovoltaica para autoconsumo.

No que respeita a sistemas de climatização, perante este problema alguns países impuseram adicionalmente limites à utilização dos equipamentos, nomeadamente no que respeita à definição da temperatura de funcionamento. São exemplos desta medida países como Espanha, Itália ou Alemanha que incluíram nos seus planos de poupança de energia limites para as temperaturas de funcionamento dos sistemas de climatização [11][12][13].

GUERRA NA UCRÂNIA

Nem muito fresco nem muito quente: Itália quer limitar ar condicionado para reduzir dependência da Rússia

A proposta do Governo de Mario Draghi vai ser discutida esta semana e poderá entrar em vigor no dia 1 de Maio.

Espanha limita ar condicionado para economizar energia

Edifícios públicos passam a ter de respeitar limites mínimos e máximos nas temperaturas dos aparelhos de ar condicionado: não menos de 27 graus Celsius no verão e não mais de 19 no inverno.

Alemanha

O governo alemão também já revelou algumas medidas para poupança de energia. No inverno, os edifícios públicos na país só serão aquecidos até a uma **temperatura de 19°C**, exceto em hospitais, clínicas, lares de idosos e outras instituições sociais.

Figura 3 – Exemplos de limitação ao funcionamento de equipamentos de climatização

Capítulo 2

Estado da arte

2.1. O sistema de certificação energética (SCE)

Conforme referido anteriormente, o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios resulta da transposição para o direito nacional da Diretiva 2002/91/CE através da publicação do Decreto-lei 80/2006 de 4 de abril. Em 2013 o sistema haveria de ser designado apenas por Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), designação essa que se mantém até aos dias de hoje. Várias entidades são chamadas a contribuir para o funcionamento do SCE.

Com funções de Supervisão e Fiscalização do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios surge a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) [14]. A DGEG é um serviço da administração central direta do estado.

Com a responsabilidade da Gestão do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios está nomeada a ADENE – Agência para a Energia. A ADENE é uma pessoa coletiva de tipo associativo com estatuto de utilidade pública, que nesta área garante a gestão operacional do SCE [15].

São competências desta entidade realizar os exames e fazer o registo dos técnicos do SCE bem como disponibilizar e manter atualizado o Portal SCE, ferramenta central do funcionamento do sistema. Entre outras, destacar que faz também parte das atribuições da ADENE a verificação da qualidade da informação registada pelos técnicos do SCE no Portal, zelando pela substituição em caso de incumprimento das regras e demais requisitos de qualidade estabelecidos.

No respeitante à Qualidade do ar interior são entidades competentes para acompanhamento a Direção-Geral da Saúde (DGS) e Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA). Neste capítulo compete à Inspeção Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT) a emissão de contraordenações [16].

Os envolvidos nos negócios jurídicos de transação de edifícios, venda, dação em cumprimento, locação ou trespasse, têm igualmente responsabilidades no âmbito do SCE. Estas entidades têm o dever de disponibilizar informação acerca do desempenho energético e dos componentes do edifício, bem como das oportunidades de melhoria.

Deste modo, empresas de mediação imobiliária devem indicar a classe energética do edifício em todos os anúncios publicados com vista à realização dos negócios de transação de edifícios. Às entidades anunciadoras (entidade gestora de plataformas eletrónicas ou de sítios da Internet que disponibilizem espaço para a publicação de anúncios) cabe o dever de não publicar qualquer anúncio sem a indicação da classe energética do edifício com vista à realização dos negócios ou de retirar o anúncio, caso já tenha sido publicado sem essa mesma indicação.

Notários e as demais entidades com competência para autenticação de documentos particulares devem consignar o número do Certificado Energético nos suportes documentais dos autos de outorga, respetivamente, da escritura pública e do termo de autenticação dos negócios jurídicos de transação de edifícios [15].

A legislação atribui também responsabilidades às entidades responsáveis pelas operações urbanísticas em termos de controlo do cumprimento de requisitos devendo comunicar à DGEG através do Portal SCE, a não apresentação de Pré-Certificado ou Certificado Energético nas referidas operações e proceder à identificação do edifício em questão e do seu proprietário [15].

Finalmente os técnicos do SCE. A estes estão reservadas as funções necessárias ao exercício das atividades profissionais que permitem o funcionamento do sistema nos moldes em que se encontra desenhado. Na última atualização da regulamentação foram previstas as seguintes categorias:

- Perito Qualificado (PQ);
- Técnico responsável pela instalação e manutenção de sistemas técnicos (TRM);
- Técnico de gestão de energia (TGE);
- Técnico de inspeção de sistemas técnicos (TIS);

Os requisitos de acesso e as funções de cada tipologia de técnico estão também definidas, mas não serão abordadas neste trabalho, referindo-se apenas que os técnicos responsáveis pela condução do processo de certificação dos edifícios e emissão dos respetivos certificados são os Peritos Qualificados.

2.2. Legislação em vigor para edifícios em Portugal no âmbito da eficiência energética e do SCE

Conforme referido, a evolução legislativa nacional que se tem verificado no âmbito da eficiência energética dos edifícios, tem por base uma sucessão de diretivas comunitárias cuja transposição para o nosso país tem potenciado a melhoria da qualidade térmica do edificado.

A Diretiva 2018/844/UE vem demonstrar o empenho da União Europeia em implementar um sistema energético cada vez mais descarbonizado e mais sustentável. De salientar que esta diretiva tem algumas novidades tais como a obrigatoriedade da promoção da mobilidade elétrica ou o reforço do papel da gestão técnica e SRI (**Smart Readiness Indicator**). Este indicador representa em que medida o edifício possui capacidades tecnológicas inteligentes que lhe permitam adaptar-se em função das necessidades dos ocupantes ou interagir com sistemas exteriores tais como com a rede elétrica ou o mercado de energia [17].



Figura 4 – Benefícios da integração de tecnologias inteligentes (fonte: ec.europa.eu)

Esta última atualização da diretiva resultou na publicação do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro de 2020 que estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios.

Com este diploma passa a existir um documento integrador que regulamenta os edifícios como um todo, deixando de existir dois regulamentos distintos, um para edifícios de Habitação e outro para edifícios de Comércio e Serviços.

Para operacionalização deste Decreto-Lei encontram-se publicadas uma série de Portarias e Despachos com a regulamentação acessória que em seguida será seguida sumariamente apresentada [5]:

- Decreto-Lei n.º 102/2021

Estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;

- Portaria n.º 28/2022

Regulamenta o conteúdo e os critérios de avaliação dos exames a realizar para acesso e exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;

- Portaria n.º 138-G/2021

Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, incluindo os limiares de proteção, condições de referência e critérios de conformidade, e a respetiva metodologia para a medição dos poluentes e para a fiscalização do cumprimento das normas aprovadas;

- Portaria n.º 138-H/2021

Regulamenta as atividades dos técnicos e as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e fixa os valores do registo dos certificados energéticos;

- Portaria n.º 138-I/2021

Regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas;

- Despacho n.º 9017/2021

Determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Alteração ao Despacho n.º 6476-A/2021, que determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro;

- Despacho n.º 9067/2021

Aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);

- Alteração ao Despacho n.º 6476-B/2021

Aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);

- Declaração de Retificação n.º 611/2021

Aprova as condições referentes à manutenção dos sistemas técnicos instalados em edifícios, a periodicidade e as condições de realização da inspeção periódica dos sistemas técnicos e o modelo do relatório;

- Despacho n.º 6476-C/2021

Aprova as condições referentes à manutenção dos sistemas técnicos instalados em edifícios, a periodicidade e as condições de realização da inspeção periódica dos sistemas técnicos e o modelo do relatório

Retificação ao Despacho n.º 6476-C/2021, de 29 de junho, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 126, de 1 de julho de 2021;

- Despacho n.º 6476-D/2021

Aprova os requisitos para a elaboração do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE);

- Despacho n.º 6476-E/2021

Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios;

- Despacho n.º 9216/2021

Alteração do Despacho n.º 6476-H/2021, que aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);

- Despacho n.º 1618/2022

Qualidade do ar no interior dos edifícios – Procedimentos de registo das obrigações previstas nos n.ºs 3 a 6 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 101 -D/2020, de 7 de dezembro, na sua atual redação, e o regime de avaliação simplificada anual de requisitos relacionados com a qualidade do ar interior;

- Portaria n.º 7-A/2023

Fixa o valor médio de construção por metro quadrado, para efeitos do artigo 39.º do Código do Imposto Municipal sobre Imóveis, a vigorar no ano de 2023;

2.3. Classificação energética dos edifícios

Para determinação da classe de eficiência energética é necessário conhecer os Indicadores de Eficiência Energética (IEE) desse edifício. Esses índices traduzem as necessidades energéticas do edifício numa base anual, em termos de energia primária por unidade de área ($\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$), para satisfazer determinadas utilizações.

As utilizações podem ser de vários tipos, nomeadamente tipo S, tipo T ou cuja energia seja proveniente de sistemas que recorram a fontes de origem renovável.

Os consumos tipo S, também designados por consumos de energia para os usos regulados são os seguintes [18]:

- Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humedificação e desumidificação;
- Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hottes;
- Bombagem associada à preparação de Água Quente Sanitária (AQS), Água Quente de Piscinas (AQP) e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis;

- Preparação de AQ;
- Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis;

Os consumos de energia dos usos não regulados, consumos tipo T são os seguintes [18]:

- Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano;
- Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hottes;
- Bombagem em sistemas de climatização não destinados para conforto humano em espaços interiores não úteis;
- Equipamentos de frio, incluindo câmaras de refrigeração;
- Iluminação dedicada, de emergência e exterior;
- Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S;

Então consoante a tipologia do consumo assim deve ser determinado o respetivo indicador:

$IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S;

$IEE_{pr,T}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo T;

$IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável;

Onde cada um desses indicadores representa o respetivo consumo de energia convertido para energia primária, por unidade de área de acordo com as equações a seguir:

$$IEE_{pr,s} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$$

$$IEE_{pr,s} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$$

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$$

Em que:

A_{tot} – Área total de pavimento;

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte i ;

$E_{S,i}, E_{T,i}$ – Consumo de energia dos usos dos tipos S e T por fonte de energia i ;

$E_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i ;

O indicador de eficiência energética do edifício em análise (previsto) será então obtido de acordo com a equação seguinte:

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \text{ [kWh}_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$$

De forma análoga, serão determinados os consumos do edifício de referência mas neste caso considerando soluções e condições de referência conforme estabelecido no Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho e finalmente, sem considerar a existência de qualquer contributo renovável.

Conhecidos os IEEs, a classe energética de um edifício de comércio e serviços pode então ser determinada em função do rácio de classe energética (R_{IEE}), que relaciona esses mesmos indicadores. Neste caso a equação a considerar é a seguinte:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,s} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,s}}$$

A classe energética é obtida pela correspondência entre o valor de R_{IEE} e os intervalos apresentados na tabela seguinte [18]:

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

Tabela 1 – Classificação energética em função do R_{IEE}

2.4. Simulação dinâmica de edifícios

Até às décadas de 1960/70 os cálculos das cargas térmicas eram manuais [19], utilizando métodos empíricos bastante demorados e sujeitos a erros em função da complexidade arquitetónica dos edifícios [20].

Desde que o uso de programas de computador em projetos da indústria de AVAC foi aceite pela primeira vez em 1965, vários programas de simulação energética de edifícios foram desenvolvidos e atualizados continuamente. Com o aumento da oferta ao nível do *software*, o número de utilizadores aumentou ao mesmo tempo que aumentaram as áreas de aplicação [19].

Nos nossos dias o objetivo de satisfazer os requisitos de conforto térmico e qualidade do ar interior dos edifícios cruza-se com a necessidade cada vez maior do uso racional de energia. Este desafio implica a avaliação de diversas alternativas e otimização de sistemas com vista a atingir melhores prestações em termos energéticos. O *software* de simulação energética tornou-se então uma ferramenta indispensável para empresas de engenharia que projetam edifícios comerciais e dimensionam os respetivos sistemas, especialmente quando os objetivos do promotor envolvem uma construção mais sustentável [21].

Para que as simulações energéticas possam ser realizadas é necessário recolher informações sobre o edifício, o ambiente, os equipamentos, os sistemas AVAC e os preços das várias formas de energia e ainda informação climática do local do edifício [22]. Importa referir que, de acordo com a regulamentação vigente no nosso país, para efeitos de avaliação do desempenho energético dos edifícios (DEE) nos edifícios de comércio e serviços, as necessidades e consumos de energia são obrigatoriamente determinadas com base em simulação dinâmica multizona (SDM) ou, alternativamente, com base em cálculo dinâmico simplificado (CDSM) quando o edifício permite o tratamento com apenas uma zona térmica [18].

O modelo de simulação é executado em *software* acreditado pela Norma ASHRAE 140 e deverá reproduzir de forma o mais fiel possível as propriedades e os parâmetros que influenciam a transferência de calor e o consumo de energia no edifício. Entre estes podemos indicar condições internas, respeitantes ao uso do edifício tais como perfil de ocupação ou de utilização de equipamentos ou sistemas tais como iluminação, climatização, ventilação ou outros, definição de condições interiores, fundamentalmente temperatura, condições de fronteira e propriedades da envolvente (seja interior, exterior, solo ou outros edifícios) opaca ou envidraçada e claro, as influências externas simuladas com base num ficheiro climático.

No nosso país, esse ficheiro climático deve ser obtido através do *software* SCE.CLIMA, disponibilizado no sítio eletrónico da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), mediante parametrização da altitude do local e do concelho.

Capítulo 3

Conceitos da térmica de edifícios

3.1. Envolvente

Envolvente do edifício é por definição o conjunto dos elementos de um edifício que separam o seu espaço interior útil, dos espaços não úteis, do exterior, do solo e de outros edifícios [29]. Esta definição aponta então para alguns aspetos que importa clarificar:

- Espaço interior útil é a designação que se dá ao espaço onde se pressupõe presença humana e como tal existem necessidades energéticas para efeitos da manutenção da temperatura desse espaço em condições de conforto térmico para os ocupantes;
- Espaço interior não útil (ENU) é a designação que se dá ao espaço sem ocupação humana e sem consumo de energia associado à climatização do espaço com objetivo de garantir conforto térmico. Alguns exemplos de espaço não útil em edifícios de comércio e serviços são: desvão de cobertura, zonas técnicas, garagens, câmaras de congelação e refrigeração ou armazéns sem ocupação permanente;

Ora as transferências de calor acontecem quando existem diferenças de temperatura, sempre no sentido do local com temperatura mais alta para o local de temperatura mais baixa. Por maioria de razão, para caracterizar convenientemente a troca de calor há necessidade de estimar a diferença de temperatura entre o espaço útil e o espaço não útil. O parâmetro que traduz essa diferença designa-se por Coeficiente de Redução de Perdas ou B_{ztu} e obtém-se através da expressão a seguir:

$$B_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}}$$

Onde:

θ_{int} – Temperatura interior [°C];

θ_{enu} – Temperatura do espaço interior não útil [°C];

θ_{ext} – Temperatura exterior [°C];

Na impossibilidade de conhecer com precisão o valor da temperatura do espaço interior não útil o valor do B_{ztu} pode ser determinado pela relação entre as áreas desse espaço em contacto com espaços úteis e as áreas em contacto com o exterior. Importa para definição do parâmetro o volume do ENU bem como o tipo de ventilação. Os valores encontram-se na tabela a seguir:

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

Em que:

A_i – Somatório das áreas dos elementos que separam os espaços interiores úteis do espaço interior não útil, [m²];

A_u – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior não útil do exterior, [m²];

V_{enu} – Volume do espaço interior não útil, [m³];

f – Quando o espaço interior não útil não possui aberturas permanentemente abertas para o exterior;

F – Quando o espaço interior não útil possui aberturas permanentemente abertas para o exterior;

Quando o edifício em análise estiver em contacto com outro edifício e entre ambos não exista partilha de espaços comuns o valor de B_{ztu} toma o valor de 0,6.

Com esta informação definem-se então os vários tipos de envolvente:

- Exterior;
- Interior com $B_{ztu} > 0,7$;
- Interior com $B_{ztu} < 0,7$;
- Sem trocas, com as vizinhas da mesma tipologia;
- Em contacto com o solo;

3.2. Envolvente opaca

No caso da envolvente opaca os elementos a considerar são as paredes, tetos e pavimentos dos vários tipos de fronteiras indicadas.

De acordo com o sistema de certificação energética, a envolvente opaca é avaliada quanto à sua capacidade de isolar o edifício do meio ambiente exterior ao espaço útil. O desempenho da envolvente opaca tem por base diversos parâmetros, como a espessura e o tipo de materiais isolantes.

A publicação ITE 50 do LNEC disponibiliza os valores da condutibilidade térmica dos materiais de construção correntes e das resistências térmicas das camadas não homogéneas mais utilizadas no nosso País.

A envolvente opaca deve ser caracterizada na sua generalidade mas também nas suas singularidades. Quer isto dizer que um determinado elemento da envolvente possuirá uma zona corrente com determinadas características, mas poderá apresentar pontualmente as denominadas zonas de ponte térmica plana (PTP). São exemplos disso zonas como pilares ou vigas.

Outra singularidade designa-se por ponte térmica linear (PTL). Neste caso onde as trocas a considerar são com o exterior ou espaços não úteis com $B_{ztu} > 0,7$, ocorrem quando se verifica a ligação entre dois elementos construtivos distintos. São elas:

- Ligação da fachada com pavimentos térreos;
- Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores;
- Ligação da fachada com pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura;
- Ligação da fachada com varanda;
- Ligação entre duas paredes verticais (em ângulo saliente);
- Ligação da fachada com caixa de estores;
- Ligação da fachada com padeira, ombreira ou peitoril;

3.3. Envolvente envidraçada

Os vãos envidraçados são um elemento importante de um edifício. Desempenham funções importantes quer seja do ponto de vista estético quer seja do ponto de vista da funcionalidade do edifício, oferecendo luz natural ou a possibilidade de renovação do ar interior.

São considerados vãos envidraçados aqueles que apresentem uma área envidraçada igual ou superior a 25% da sua área total [18]. A sua caracterização é efetuada mediante os seguintes parâmetros:

- Coeficiente de transmissão térmica;
- Fração envidraçada;
- Fator solar
 - Fator solar do vidro traduz a razão entre a energia solar transmitida para o interior através do vidro e a radiação solar nele incidente na direção normal à respetiva superfície;
- Obstruções do horizonte;
- Elementos de sombreamento;

Do ponto de vista da eficiência energética os envidraçados aportam alguns desafios pois podem levar a um aumento excessivo da temperatura interna do edifício através dos ganhos de energia térmica na estação de arrefecimento ou pode resultar em perdas de calor durante a estação de aquecimento, aumentando desta forma as necessidades de aquecimento.

3.4. Zonamento climático

O zonamento climático no nosso país baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril de 2008, na sua atual redação.

O edifício deve ser caracterizado em função da sua zona climática de inverno e verão, encontrando-se definidos três tipos para cada estação (I1, I2 e I3, para o inverno, e V1, V2 e V3, para o verão). A definição da zona climática de inverno é feita a partir do número de graus-dias (*GD*) na estação de aquecimento, na base de 18 °C, enquanto a zona climática de verão é definida a partir da temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento $\theta_{ext,v}$. Os valores de referência tabelados são depois ajustados em função da altitude do local conforme metodologia definida no ponto 5.3 CLIMA do Manual SCE aprovado pelo Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho e respetivas atualizações.

O grau de severidade da zona climática é crescente do índice 1 para o índice 3 ou seja, o índice respeitante a um clima mais rigoroso será I3 V3 [18]. A título meramente indicativo, é apresentada na figura seguinte o zonamento climático que constava na regulamentação do ano de 2006, cujas zonas se encontravam já definida por concelho:

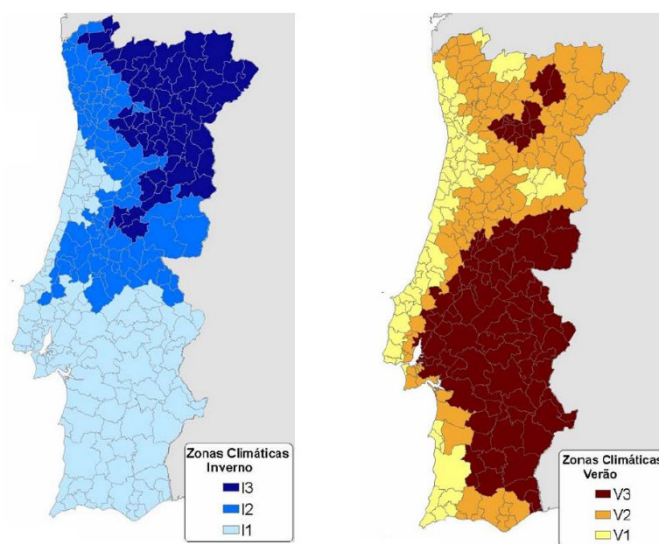


Figura 5 - Representação das zonas climáticas no continente [40]

À luz da regulamentação atual, os parâmetros de referência para o zonamento climático estão definidos por NUTS III, havendo que efetuar o ajuste desses parâmetros com base na altitude do local.

As zonas climáticas são necessárias na verificação do cumprimento dos requisitos de qualidade térmica da envolvente e, no caso dos edifícios de habitação, dos indicadores de conforto térmico.

Capítulo 4

Requisitos mínimos

4.1. Conceito de requisito mínimo

Os requisitos mínimos para o desempenho energético são critérios de exigência estabelecidos em função das condições climáticas externas ao edifício, das condições interiores definidas para o edifício e da viabilidade económica tendo em conta as soluções e tecnologias disponíveis no momento da sua definição. Nesta circunstância o que se tem observado nas sucessivas atualizações do normativo é que os requisitos mínimos tendem a ser atualizados periodicamente e definidos novos requisitos em função da evolução imposta de forma a se alcançarem níveis de desempenho energético pretendidos.

Os requisitos mínimos para o desempenho energético encontram-se estabelecidos para edifícios e frações autónomas novas e para edifícios objeto de grandes renovações. Para efeitos do disposto no Decreto-Lei 101-D/2020 de 7 de dezembro, entende-se por *Grande Renovação*, a renovação em edifício em que se verifique que a estimativa do custo total da obra, compreendendo a totalidade das frações renovadas, nos casos aplicáveis, relacionada com os componentes, seja superior a 25 % do valor da totalidade do edifício, devendo ser considerado para o efeito o valor médio de construção, por metro quadrado, para efeitos dos artigos 39.º e 62.º do Código de Imposto Municipal sobre Imóveis.

Estão também sujeitos a requisitos mínimos os componentes renovados de edifícios sujeitos a renovação.

4.2. Requisitos da qualidade térmica da envolvente opaca

O requisito de qualidade da envolvente opaca é indicado através do valor da condutibilidade térmica (U_{MAX}), ou seja, o valor característico de um elemento da envolvente que traduz a quantidade de calor que atravessa um metro de espessura deste por unidade de tempo e por unidade de diferença de temperatura entre as duas faces do mesmo [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].

Na Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho estão definidos os valores máximos a observar para coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, novos ou renovados. A sua variação é função do tipo de elemento construtivo e da zona climática onde o edifício esteja inserido. Na tabela seguinte são apresentados os valores máximos regulamentares:

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{zu} > 0,7$	0,70	0,60	0,50
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{zu} > 0,7$	0,50	0,45	0,40
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{zu} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{zu} > 0,7$	1,25	1,00	0,90

Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos - envolvente opaca [31]

4.3. Requisitos da qualidade da envolvente envidraçada

São considerados vãos envidraçados aqueles que apresentem uma área envidraçada igual ou superior a 25% da sua área total [18].

Os requisitos de qualidade térmica da envolvente envidraçada dos edifícios novos ou renovados ficam sujeitos ao cumprimento dos requisitos conforme definido na Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho. Estão definidos os valores máximos a observar para coeficientes de transmissão térmica (U_{MAX}) e fator solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais ($g_{tot,máx}$)

O conceito de transmissão térmica é semelhante ao referido no ponto anterior para a envolvente opaca. Porém, no caso dos envidraçados, os valores de U são afetados da influência dos dispositivos de proteção solar (cortinas, persianas, portadas ou outros) que, quando ativados, representam uma resistência térmica adicional a considerar em termos de comportamento do vão.

Já para o caso do fator solar do vão, este traduz a razão entre a quantidade de radiação solar que entra através do envidraçado e a radiação solar incidente nesse mesmo vão. Como tal é expresso através de um valor entre 0 e 1 onde 0 indica que nenhuma radiação incidente é transmitida para o interior e 1 quando toda a radiação incidente no vão é transmitida para o interior do espaço servido pelo vão.

Afetam este fator as características intrínsecas do próprio vidro (colorido, refletante), características de construção do vão (vidro simples, vidro duplo, fração envidraçada), efeitos do sombreamento causado por elementos próximos (verticais ou horizontais) pertencentes ao próprio edifício (varandas, outros corpos ou partes de um edifício por exemplo) ou colocados propositadamente para esse efeito (palas de sombreamento) e finalmente, as eventuais obstruções do horizonte.

Na Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho estão definidos os valores máximos a observar para coeficientes sujeitos a requisitos a aplicar nos edifícios de comércio e serviços, novos ou renovados.

No caso de U_{MAX} , o valor é função da zona climática onde o edifício esteja inserido. Na tabela seguinte são apresentados os valores máximos regulamentares:

	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

Tabela 3 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos - envolvente envidraçada [31]

Os edifícios de comércio e serviços podem ficar isentos de cumprimento deste requisito, quando seja comprovado que o somatório de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente seja inferior ao obtido considerando o cumprimento dos requisitos. [Portaria n.º 138-I/2021]

Tal deve-se à necessidade de, por vezes, dissipar elevados ganhos internos resultantes dos sistemas instalados (sistema de iluminação ou outros).

O fator solar máximo do vão é função da zona climática onde o edifício esteja inserido e da sua inércia térmica:

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifícios de habitação	Fraca	0,15	0,10	0,10
	Média ou forte	0,56	0,56	0,50
Edifícios de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56	0,56	0,50

Tabela 4 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados [31]

No caso dos GES, os valores são agravados no caso de área de envidraçado ser superior a 30% da área da fachada em que estão inseridos [30].

4.4. Requisitos gerais e de eficiência de sistemas técnicos

Os requisitos gerais e de eficiência de sistemas técnicos encontram-se regulamentados na Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho. No caso dos sistemas técnicos os requisitos podem ser divididos em duas categorias.

Uma primeira respeitante a requisitos gerais e de desempenho energético, intrínsecos ao próprio equipamento e uma segunda categoria, cujos requisitos externos ao equipamento determinem uma correta condução e manutenção dos sistemas instalados durante o período funcionamento previsto.

Em termos de características gerais e desempenho energético geral, devem ser evidenciadas através da respetiva documentação técnica, nomeadamente documentação, fichas técnicas, etiquetas ou outras forneçam indicação das regras a que um componente se encontra sujeito e das características que afetam o seu desempenho.

A segunda categoria de requisitos, percorre toda a cadeia desde o projeto da instalação até à sua colocação em serviço. Assim o diploma atrás referenciado transpõe para a legislação nacional um conjunto de regras e requisitos nomeadamente: Dimensionamento Adequado, Instalação Correta, Ajustamento Adequado e Controlo Adequado.

O Dimensionamento Adequado pode definir-se como um conjunto de regras com vista a garantir que os sistemas técnicos são adequados às necessidades e características do edifício, bem como às condições de utilização esperadas.

A correta instalação considera-se assegurada quando a instalação ou renovação dos sistemas é efetuada por profissionais (singulares ou coletivos) devidamente habilitados, com competências devidamente reconhecidas em conformidade com a legislação e regulamentação aplicável. É desta forma que se garante que os componentes funcionem em conformidade com o propósito para que foram concebidos

Após instalação deve-se proceder a um conjunto de tarefas de teste e ajustamento com vista verificar se o funcionamento de determinado sistema se encontra em conformidade com as especificações definidas, garantindo-se desta forma o denominado Ajustamento Adequado.

Para que esse ajustamento seja garantido existe a necessidade de que o sistema possua a capacidade de regulação e monitorização exigida que permita aos sistemas técnicos serem parametrizados em conformidade com as especificações definidas. Este representa o último requisito denominado de Controlo Adequado.

Os sistemas técnicos sujeitos a requisitos são os seguintes [31]:

- Sistemas de ventilação;
- Sistemas fixos de climatização;
- Sistemas de preparação de Água Quente;
- Sistemas fixos de iluminação;
- Sistemas de produção de energia elétrica;
- Sistemas de Automatização e Controlo dos Edifícios;
- Sistemas de elevação;
- Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos;

Os requisitos são aplicáveis a edifícios novos e grandes renovações com exceção dos requisitos relativos a Sistemas de Automatização e Controlo dos Edifícios e Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos, que poderão igualmente ser de instalação obrigatória em edifícios existentes.

No caso de sistemas de aquecimento, arrefecimento ou sistemas combinados de climatização e ventilação, sempre que a potência ultrapassar 290 kW os SACE são de instalação obrigatória até 31 de dezembro de 2025 [29].

Já no caso das infraestruturas de carregamento de veículos elétricos, em edifícios com mais de 20 lugares de estacionamento, deverão dispor até 31 de dezembro de 2025, dois pontos de carregamento.

4.5. Requisitos de desempenho energético

Os edifícios de comércio e serviços novos ou sujeitos a grande renovação devem verificar o cumprimento de requisitos de desempenho energético. Este requisito resulta na obrigatoriedade de cumprimento de uma Classe Energética mínima, igual a Classe B para edifícios novos ou Classe C, no caso de edifícios sujeitos a grande renovação [32]. Consequência do descrito, a Energia Primária Total fica limitada de tal forma que o R_{IEE} seja igual ou inferior a 0,75.

Sempre que existam necessidades de AQS, deverá o edifício cumprir também o Requisito de Energia Primária Renovável $RenC\&S$. Este indicador é obtido pela relação entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS.

Devem apresentar um nível máximo de Energia Primária Fóssil mediante a relação entre o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEEfóssil,S$) e o indicador de eficiência energética de referência do tipo S ($IEEref,S$).

O valor de $IEEfóssil,S$ resulta do somatório dos consumos anuais de energia primária fóssil (não renovável) do tipo S, incluindo energia elétrica da rede.

As tabelas seguintes resumem os requisitos de desempenho energético listados:

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

⁽¹⁾ Apenas aplicável quando existam necessidades de AQS.

Tabela 5 – Requisitos dos edifícios de C&S novos [32]

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

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

Tabela 6 – Requisitos dos edifícios de C&S sujeitos a grande renovação [32]

Capítulo 5

Tratamento estatístico do objeto em análise

5.1. Estatística da classificação energética do edificado

A ADENE disponibiliza dados estatísticos gerais do comportamento térmico dos edifícios, resultante do trabalho de certificação energética levado a cabo pelos Peritos Qualificados dos SCE [33]. No caso dos edifícios de Comércio e Serviços está disponível informação sobre a quantidade total de certificados, a área útil média de pavimento, a classificação energética obtida, tudo desagregado por concelho e distrito.

É também possível apurar se se trata de um certificado emitido para um edifício novo, um edifício existente ou alvo de renovação.

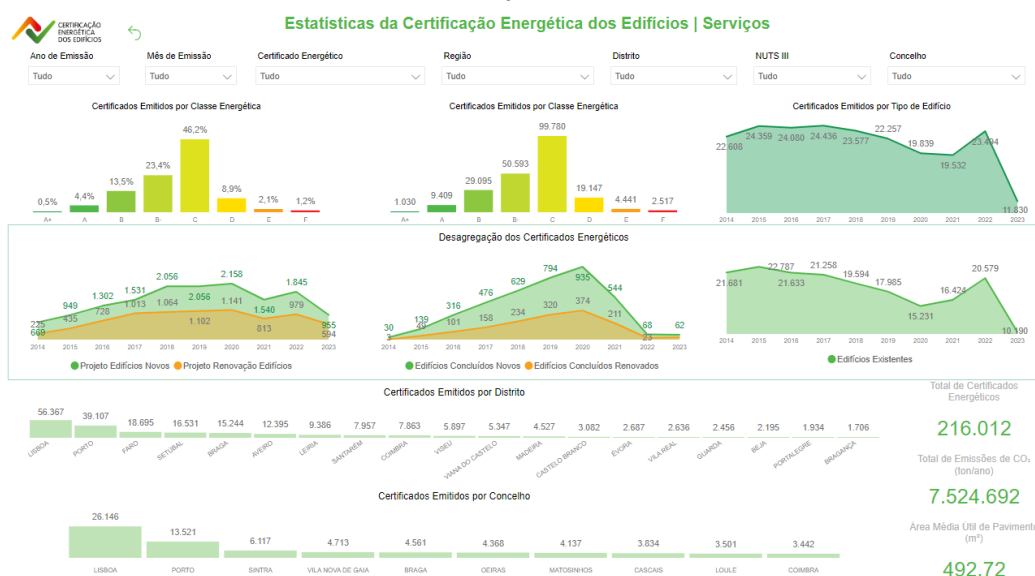


Figura 6 – Dados estatísticos ADENE [33]

O método que será adotado para obtenção dos valores pretendidos carece de algumas definições de base que serão seguidamente elencadas.

A primeira definição que convém referir é que os dados estatísticos que serão utilizados são referentes ao período de 2014-2022. Esta será a **baseline** considerada para o presente estudo, ou seja, inclui todos os dados disponibilizados exceto os referentes ao ano de 2023, que por não se encontrar completo não será considerado.

A segunda definição diz respeito ao contexto da certificação dos edifícios. No período indicado, o contexto mais significativo é edifícios existentes com uma percentagem de **86.7%** dos certificados emitidos. Por outro lado, um edifício novo ou sujeito a renovação tem, na **baseline** considerada, de cumprir logo na fase de projeto com requisitos de comportamento térmico, requisitos de sistemas climatização e de classificação energética mínima que impõem um desempenho energético pelo menos igual ao edifício de referência.

Então face ao descrito considera-se que para o presente trabalho é ajustado observar apenas o contexto **edifícios existentes**.

Com estes dois pressupostos, é possível em seguida descrever a metodologia adotada para determinação das variações de consumo de energia que se pretende calcular. O procedimento terá início com a definição do edifício previsto, ou seja, aquele que traduz a realidade construída. Com o edifício previsto definido é possível definir o edifício de referência. Neste caso os pressupostos do edifício serão os mesmos do edifício previsto, porém, serão adotadas as soluções e os requisitos de referência. O edifício de referência considerará a inexistência de sistemas renováveis.

Aqui chegados, serão arbitradas as variáveis do edifício previsto, de modo que se obtenham as diferentes Classes Energéticas que se pretende alcançar. Pretende-se fazer variar o rácio de classe energética (R_{IEE}) de modo que seja possível varrer todo o espectro de classificações possíveis e assim avaliar as alterações do consumo em cada uma delas. Observando a tabela seguinte, verifica-se que o distrito de Lisboa está entre aqueles com maior representatividade, com maior quantidade de edifícios verificados em termos de comportamento térmico:

Baseline		2014-2022	
		Edifícios Existentes	
Total de certificados emitidos		173 433	

Distrito	Qt. CEs	%	% Acumulada
Lisboa	49 044	28,3%	28,3%
Porto	31 517	18,2%	46,5%
Faro	15 320	8,8%	55,3%
Setúbal	13 868	8,0%	63,3%
Braga	11 905	6,9%	70,1%
Aveiro	10 051	5,8%	75,9%
Leiria	7 622	4,4%	80,3%
Santarém	6 688	3,9%	84,2%
Coimbra	6 384	3,7%	87,9%
Viseu	4 125	2,4%	90,3%
Viana do Castelo	4 029	2,3%	92,6%
Castelo Branco	2 449	1,4%	94,0%
Évora	2 151	1,2%	95,2%
Vila Real	1 977	1,1%	96,4%
Guarda	1 760	1,0%	97,4%
Beja	1 768	1,0%	98,4%
Portalegre	1 569	0,9%	99,3%
Bragança	1 206	0,7%	100,0%

Tabela 7 - Quantificação dos CEs emitidos por distrito no período 2014-22, em valor absoluto

Por ser o mais representativo, **iniciamos então a definição do edifício previsto** para este distrito. Tendo em conta a necessidade de especificar a climatologia do local onde o edifício se encontra há necessidade de reduzir ainda mais a amostra e por esse motivo serão considerados os edifícios do distrito e do concelho de Lisboa.

O número total de edifícios a considerar e respetiva classificação serão de acordo com a figura seguinte:

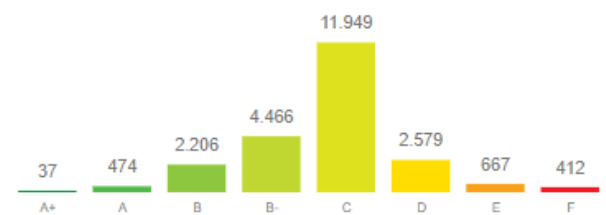


Figura 7 – Desagregação de CEs por classe (fonte: Adene)

As restantes informações que é possível extrair e que serão utilizadas na definição dos edifícios e sistemas a considerar são apresentados na tabela seguinte:

Classe	Área média de pavimento [m2]	Total emissões [ton CO2/ano]	Soma de Total de Certificados Emitidos
A+	899	34	37
A	1 701	312	474
B	714	878	2 207
B-	880	1 885	4 468
C	540	3 319	11 946
D	439	573	2 579
E	195	93	667
F	159	112	412

Tabela 8 – Dados estatísticos a aplicar

5.2. O Software HAP (Hourly Analysis Program)

No âmbito do presente trabalho, considerando a sua base eminentemente regulamentar e legal, a determinação das necessidades e consumos de energia do edifício deve ser realizada por programa acreditado pela Norma ASHRAE 140 [18]. Este normativo estabelece os procedimentos de teste padrão a aplicar *software* que simula o desempenho de um edifício e seus sistemas [23].

O *software* utilizado foi o Hourly Analysis Program (HAP) da Carrier. Este programa foi projetado e desenvolvido para projetistas, engenheiros, consultores, empreiteiros, engenheiros de instalações e outros profissionais envolvidos no projeto e análise de sistemas AVAC de edifícios comerciais. O programa é uma ferramenta que permite projetar e dimensionar componentes de sistemas, bem como modelar o desempenho energético anual e os custos de energia [24].

Desde a sua primeira versão lançada em janeiro de 1987 [21], o programa passou por várias versões e atualizações. Em 1989, foi lançada a versão 2 renovada ao nível dos métodos de cálculo,

Com o desenvolvimento contínuo da capacidade computacional com processadores mais rápidos, melhores gráficos e unidades de armazenamento crescentes a modelação energética viu o seu uso mais difundido em virtude do melhor equilíbrio entre velocidade, custo e precisão envolvido na análise.

Neste contexto foi lançada em 1993 a versão 3, sendo aí introduzida a simulação de energia de 8 760 horas por ano e uso mais extensivo de funções de transferência com extração de calor para prever melhor a transferência de calor em edifícios [21].

Em 1999, a versão 4 do software foi lançada com uma nova interface gráfica do usuário do Windows que permitiu melhorar a produtividade do utilizador

Já no século XXI com o aparecimento dos sistemas de certificação padrão para edifícios de construção sustentável (ASHRAE 90.1, LEED – Leadership in Energy and Environmental Design entre outros) novos recursos foram adicionados no sentido de automatizar os principais aspetos dos métodos de desempenho destes padrões.

Os recursos de modelação presentes para equipamentos e sistemas de AVAC, disponibilizam sistemas comercializados pela Carrier, por exemplo sistemas de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF), sistemas de água quente/água gelada, instalações de recuperação de calor de água, afirmando-se como uma das principais empresas de pesquisa deste mercado [25].

Ao longo de várias décadas de desenvolvimento, este *software* além da sua vocação natural para projeto e análise de sistemas de AVAC estendeu a sua aplicabilidade, sendo frequentemente utilizado em pesquisas científicas onde a análise de vários cenários e cálculos precisos são essenciais.

Nesta ótica o programa foi utilizado em estudos no âmbito de temas como aquecimento e arrefecimento passivo [26] e análise do comportamento energético em função de diferentes condições e parâmetros da envolvente do edifício [25] [27].

No primeiro exemplo (26) o autor investiga o resultado da aplicação de estratégias de ventilação natural num edifício localizado em duas cidades com clima contrastante, Londres como exemplo de um local com maiores necessidades de aquecimento e a cidade de Dubai como exemplo de clima quente e húmido.

Aplicando técnicas apropriadas em função de cada zona climática foi possível determinar uma poupança energética anual de 16,4% conseguida através da diminuição das necessidades de aquecimento no caso de Londres, e uma poupança energética de 18,6 %

pela diminuição das necessidades de arrefecimento no caso de edifício localizado no Dubai. O HAP foi utilizado para cálculo das cargas térmicas dos edifícios e verificar a economia de energia.

O segundo estudo (25), avalia a influência de diferentes tipos de dispositivos de sombreamento da envolvente envidraçada na carga de arrefecimento de um edifício localizado em Darwin com intuito de propor o dispositivo de sombreamento ideal. Através da simulação do funcionamento do edifício foi possível concluir que diferentes tipos de sombreamento podem resultar em economias de energia entre 7,3% e 15,5%. O autor demonstra ainda que as melhorias permitem igualmente diminuir a carga térmica máxima.

Outra possibilidade é a atuação direta nos envidraçados. O terceiro estudo (27) trata o potencial de economia de energia pela utilização de diferentes tipos de vidro. Neste caso o edifício em análise foi um supermercado tendo a análise quantitativa sido efetuada no programa HAP. O autor encontra a percentagem de economia de energia em função dos vários tipos de envidraçado e também em função da sua orientação geográfica, debruçando-se ainda sobre a viabilidade económica das soluções mais dispendiosas, concluindo que o período de retorno do investimento é inferior a um ano.

Na vertente científica, a versatilidade do programa fica também evidenciada na medida em que pode inclusivamente a sua aplicação ser alargada em estudos do setor residencial [28]. Esta pesquisa realiza uma análise comparativa entre o desempenho de um edifício real, construído especificamente para o efeito, e o consumo obtido através da simulação prévia do edifício. O autor mostrou que a quantidade de energia consumida pelo sistema AVAC é 5% menor que a prevista pelo *software* HAP usado para a previsão.

5.3. Definição dos modelos de simulação

Conforme referido, o modelo de simulação será executado em *software* acreditado pela ASHRAE com o objetivo de reproduzir o comportamento do edifício no que respeita aos parâmetros que influenciam a transferência de calor e o consumo de energia. No nosso caso esse propósito será executado com recurso ao *software* Hourly Analysis Program (HAP) da Carrier. Trata-se de um programa de simulação dinâmica multizona (SDM), acreditado pela norma da ASHRAE Standard 140. A versão utilizada foi a 5.11.0.7 - International Edition.

Após modelação do edifício serão obtidas as necessidades e os consumos dos vários usos e sistemas considerados no edifício.

Seguidamente serão apresentados todos os considerandos definidos uma vez que não estamos a tratar um edifício com base num projeto de um edifício construído mas um edifício hipotético cujas características serão obtidas com base em pressupostos regulamentares.

a) Zonamento climático

Os parâmetros climáticos associados ao local definido para localização do edifício, são obtidos a partir de valores de referência para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local (z).

No nosso caso considera-se que a altitude do edifício é igual à de referência para NUTS III – Grande Lisboa. Então $z = 109$ m (tab.9 do manual sce). Assim conclui-se que o edifício é pertencente a zona **I1**, **V2** de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 3.

b) Definição dos horários

Os perfis horários de utilização do edifício são certamente um fator importante quando se trata de avaliar o seu comportamento a nível energético. Em particular a parcela de calor gerada internamente poderá influenciar significativamente a temperatura e as condições de conforto, devendo ser tomada em consideração a repercussão deste fator no desempenho dos sistemas de AVAC.

Os ganhos internos de um determinado espaço são fundamentalmente devidos aos seguintes fatores: ocupação, iluminação e aos equipamentos ou processos que possam gerar calor.

i. Ocupação

A presença de pessoas gera calor através do metabolismo humano, sendo essa quantidade de calor variável em função da atividade física desenvolvida no espaço. No nosso caso, uma vez que estamos a considerar um edifício genérico, iremos recorrer a perfis por defeito conforme no Despacho 6476-H/2021 de 1 de julho, que estabelece que quando não exista informação sobre o uso efetivo do edifício deve ser considerada uma densidade de ocupação de **5 m²/ocupante** no caso de uma afetação de comércio. O perfil horário será de acordo com a tabela 176 do mesmo diploma.

ii. Iluminação

Os ganhos internos pela iluminação são resultado da libertação de calor durante a sua operação. O perfil de utilização será estabelecido de forma análoga ao perfil de ocupação ou seja, adotando o perfil por defeito indicado no Despacho 6476-H/2021 de 1 de julho. Quanto à potência dos equipamentos de iluminação será adotada uma densidade de potência de **12 W/m²** de acordo com o ponto 11.4.1 do Manual do SCE quando o sistema não é conhecido em detalhe.

iii. Equipamentos

Relativamente à potência dos outros equipamentos será adotada uma densidade de potência por defeito de 5 W/m² de acordo com o ponto 13.1 do Manual do SCE. Uma vez mais o perfil de utilização dos equipamentos será de acordo com Despacho 6476-H/2021 de 1 de julho.

Horas	Perfil ocupação [%]		Perfil iluminação [%]		Perfil equipamentos [%]	
	Segunda a Sábado	Domingos e Feriados	Segunda a Sábado	Domingos e Feriados	Segunda a Sábado	Domingos e Feriados
0h - 1h	0	0	5	5	5	5
1h - 2h	0	0	5	5	5	5
2h - 3h	0	0	5	5	5	5
3h - 4h	0	0	5	5	5	5
4h - 5h	0	0	5	5	5	5
5h - 6h	0	0	5	5	5	5
6h - 7h	0	0	5	5	5	5
7h - 8h	0	0	5	5	5	5
8h - 9h	30	0	25	5	50	5
9h - 10h	90	0	100	5	100	5
10h - 11h	90	0	100	5	90	5
11h - 12h	90	0	100	5	90	5
12h - 13h	40	0	50	5	45	5
13h - 14h	40	0	50	5	45	5
14h - 15h	90	0	95	5	90	5
15h - 16h	90	0	100	5	90	5
16h - 17h	90	0	100	5	90	5
17h - 18h	95	0	100	5	90	5
18h - 19h	100	0	100	5	90	5
19h - 20h	15	0	30	5	5	5
20h - 21h	0	0	5	5	5	5
21h - 22h	0	0	5	5	5	5
22h - 23h	0	0	5	5	5	5
23h - 24h	0	0	5	5	5	5

Tabela 9 – Perfis por defeito para edifícios de comércio [tabela 176 do Manual SCE]

a) Caracterização do edifício

Os dados indicados na tabela a seguir serão adotados para o nosso edifício previsto.

Parâmetro	Definição
Tipo de utilização:	Comércio
N.º Corpos:	1
N.º Pisos:	1
Tipologia do edifício:	Conjuntos comerciais
Área interior útil:	670 m ²
Pé direito médio:	3.2 m

Tabela 10 – Outros dados a adotar no edifício previsto

b) Caracterização da envolvente

Conforme referido no Capítulo 3, a envolvente é então o conjunto de elementos construtivos, responsável pela transferência de calor entre os espaços interiores úteis e os espaços não úteis, o exterior ou edifícios adjacentes.

Seguidamente vamos caracterizar as soluções a considerar no nosso edifício previsto.

Envolvente opaca

Reiterando uma vez mais que no nosso caso estamos a trabalhar sobre um edifício hipotético, iremos nesta situação adotar as soluções por defeito para edifícios existentes, de acordo com o estabelecido no Manual do SCE. Os valores de transmissão térmica a considerar são os seguintes:

Elemento construtivo	Descrição da solução	Espessura	U	Massa vol.	Fonte
		[cm]	[W/(m ² .°C)]	[kg/m ³]	
Paredes exteriores	Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	30	1,10	1000	<i>Tabela 25 do Manual</i>
Coberturas exteriores	Cobertura pesada horizontal (fluxo ascendente)	-	2,60	2000	<i>Tabela 26 do Manual</i>
Pavimentos interiores	Pavimento pesado (fluxo descendente)	-	3,1	2700	<i>Tabela 26 do Manual</i>

Tabela 11 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para pavimentos e coberturas

Para contabilização do efeito das Pontes Térmicas Planas (PTP), será considerado um agravamento de 35% no valor do coeficiente de transmissão térmica U dos elementos da envolvente opaca, metodologia esta, descrita no 7.1.3.1 do Manual do SCE.

Quanto às Pontes Térmicas Lineares (PTL), no caso dos Edifícios de Comércio e Serviços, a sua caracterização é opcional e dessa forma será em alternativa considerada a majoração global, em 5%, das necessidades de aquecimento do edifício de acordo com a Tabela 101 do Manual do SCE.

Envolvente envidraçada

De forma análoga, para caracterização da envolvente envidraçada serão aplicados valores por defeito. No caso da envolvente envidraçada serão utilizados numa primeira iteração os valores de referência para edifícios de comércio e serviços, considerando um zonamento climático I1, V2:

Elemento construtivo	Parâmetro	Valor	Fonte
Vão envidraçados exteriores	Coeficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	4,30	<i>Tabela 103 do Manual</i>
	Fator solar	0,20	<i>Tabela 104 do Manual</i>

Tabela 12 – Parâmetros de cálculo para vãos envidraçados

A área de envidraçado a considerar será igual a 30% da área de fachada onde se inserem de acordo com a condição limite estabelecida na Tabela 102 do Manual do SCE [18].

c) Caracterização dos sistemas de climatização

Os sistemas de climatização do nosso edifício previsto terão, também eles que ser variáveis, de modo a que seja possível fazer variar a classe de eficiência energética do edifício. A primeira iteração vai considerar que o edifício dispõe de equipamentos instalados para as funções de aquecimento e arrefecimento, do tipo bomba de calor com eficiência igual à do edifício de referência, ou seja:

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Eficiência	Fonte
Aquecimento	Sistema por defeito	3,00	Tabela 105 do Manual
Arrefecimento	Sistema por defeito	2,90	Tabela 105 do Manual

Tabela 13 – Sistemas de climatização e respetiva eficiência

d) Caracterização dos sistemas de ar novo

O sistema de ventilação será mecânico. Os caudais de ar novo serão determinados pelo método prescritivo afetado de uma eficácia de remoção de poluente igual a 0,8, correspondente a uma situação de insuflação de ar quente pelo teto e extração/retorno pelo teto no lado oposto do compartimento.

O consumo dos ventiladores será determinado considerando uma potência específica da unidade de ventilação (SPF) de 2000 W/[m³/s], equivalente a uma categoria *SFP* 4, de acordo com a Tabela 65 do Manual do SCE [18].

5.4. Simulação no software HAP

a) Arquitetura do edifício

Com a informação anteriormente aclarada, será seguidamente definido o modelo de simulação. Uma vez que não dispomos de uma arquitetura para o edifício, será adotada uma tipologia retangular, conforme indicado a seguir:

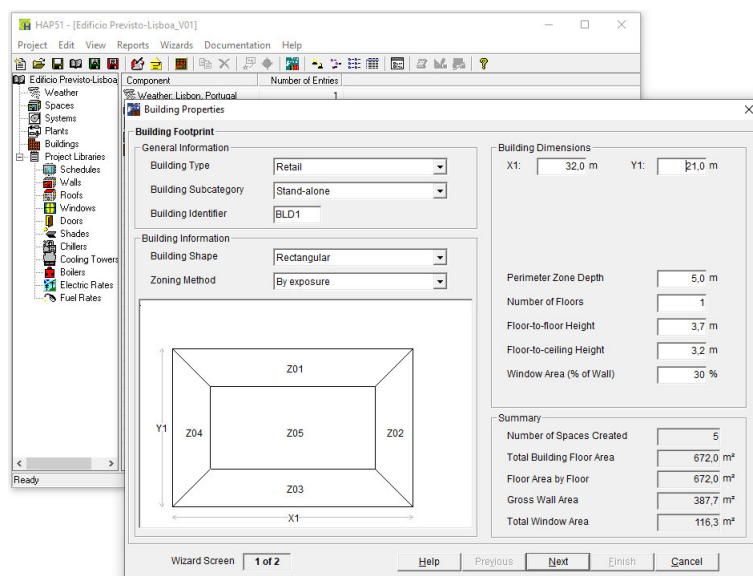


Figura 8 - Building wizard do software HAP

O edifício em análise terá uma planta retangular com zonamento de acordo com a exposição por orientação, composto desta forma por cinco zonas. No nosso caso, iremos considerar a Zona 01 com orientação Norte. Para efeitos definição da envolvente considerou-se que a cobertura é exterior e o piso está sobre espaço não útil.

A representação da envolvente do edifício é apresentada na figura seguinte, conforme notação definida no Manual do SCE:

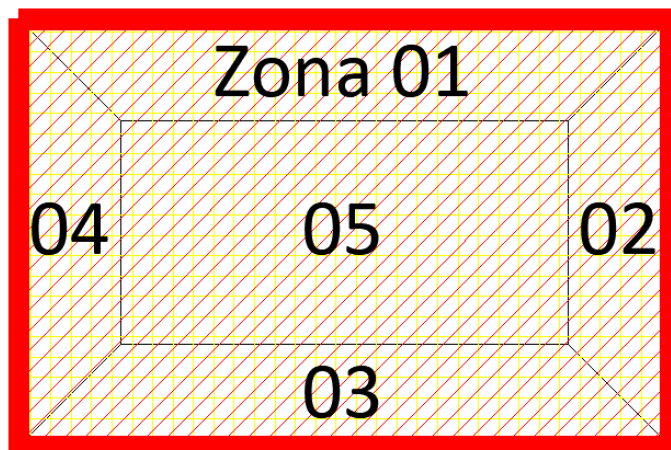


Figura 9 – Marcação da envolvente

A notação utilizada para a marcação da envolvente apresentada é de acordo com o ponto 6.4 – Marcação das envolventes, do Manual do SCE cujo código de cores é apresentado na tabela seguinte:

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

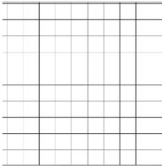
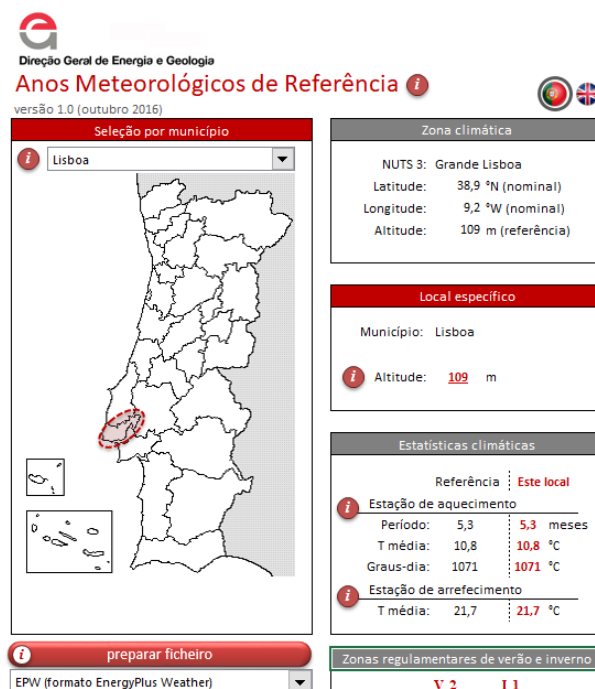
Marcação	
Pavimentos	Tetos
	

Tabela 14 – Notação para marcação da envolvente [18]

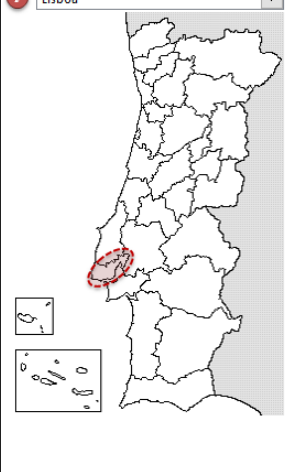
b) Clima

O passo seguinte será a preparação do ficheiro climático que será utilizado pelo HAP. Esse ficheiro com a informação meteorológica é extraído do SCE.CLIMA disponibilizado pela DGEG, em formato EPW (EnergyPlus Weather)



Direção Geral de Energia e Geologia
Anos Meteorológicos de Referência 
 versão 1.0 (outubro 2016)

Seleção por município



Zona climática

NUTS 3: Grande Lisboa
 Latitude: 38,9 °N (nominal)
 Longitude: 9,2 °W (nominal)
 Altitude: 109 m (referência)

Local específico

Município: Lisboa
 Altitude: 109 m

Estatísticas climáticas

Referência : Este local

 Estação de aquecimento

Período:	5,3	5,3 meses
T média:	10,8	10,8 °C
Graus-dia:	1071	1071 °C

 Estação de arrefecimento

T média:	21,7	21,7 °C
----------	------	---------

Zonas regulamentares de verão e inverno

V 2 I 1

preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Figura 10 – Geração de ficheiro meteorológico no SCE.Climate

c) Introdução de informação no modelo de simulação

Com a definição da localização do edifício e com o ficheiro meteorológico carregado no *software* estamos em condições avançar no nosso modelo de simulação.

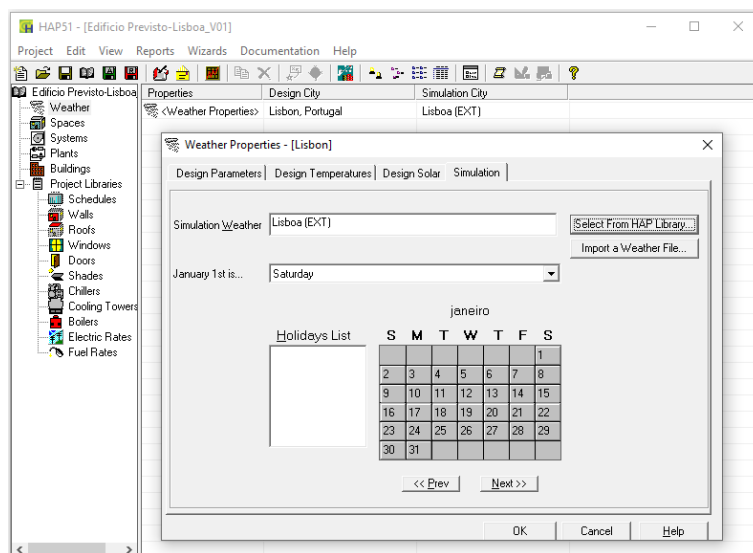


Figura 11 – Definição do clima no software HAP

O modelo continua com a introdução dos perfis horários de acordo com a Tabela 9,

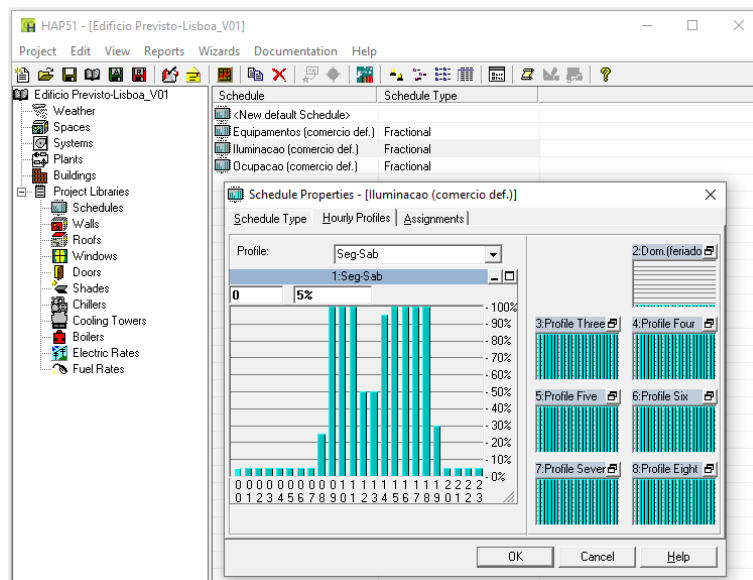


Figura 12 – Definição de perfis horários no software HAP

E em seguida devem ser introduzidos os elementos da envolvente,

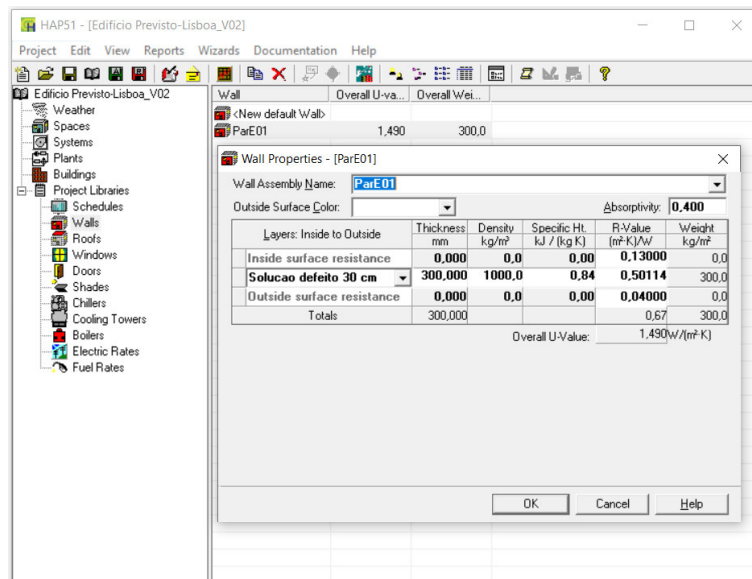


Figura 13 – Definição da envolvente opaca no software HAP

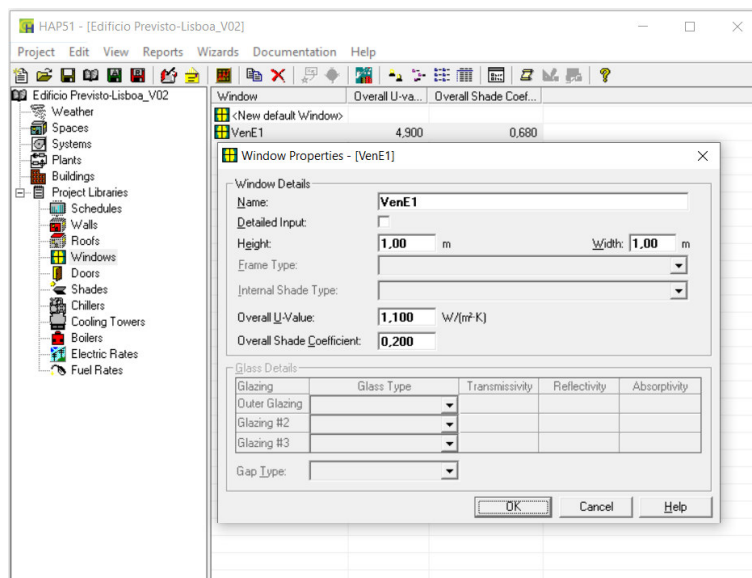


Figura 14 – Definição da envolvente envidraçada no software HAP

Definidos os elementos anteriores, estamos em condições de caracterizar os espaços. Cada espaço será caracterizado em termos áreas, envolvente, sistemas técnicos que nele atuam, ocupação, ganhos internos e horários de utilização. No nosso caso, os espaços representam conjuntos de espaços, agrupados numa mesma zona térmica, que pode ser analisada como um todo em função da semelhança quer em termos construtivos quer em termos de utilização.

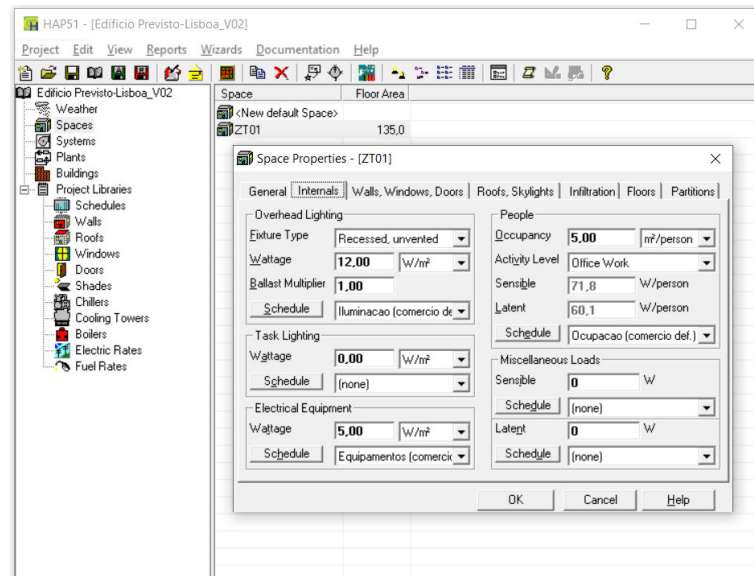


Figura 15 – Definição das Zonas Térmicas no software HAP

Por fim, vamos caracterizar os sistemas de climatização. A primeira iteração vai considerar um sistema de climatização do tipo VRF, para funcionamento num intervalo de temperatura entre os 20 °C e 25 °C inclusive, sendo atribuído um horário de funcionamento igual ao horário de ocupação do edifício.

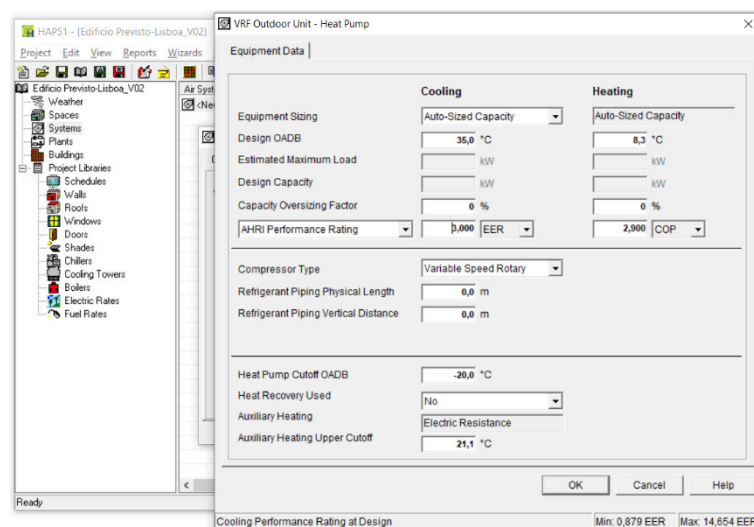


Figura 16 – Definição dos sistemas de climatização no software HAP

d) Resultados da simulação – edifício previsto

Relativamente ao dimensionamento do sistema, o *software* devolve a necessidade de um equipamento com potência térmica de 71,6 kW em arrefecimento e 78,4 kW em aquecimento, correspondente ao pico anual das necessidades.

Em termos gráficos, as necessidades de climatização deste edifício são as seguintes:

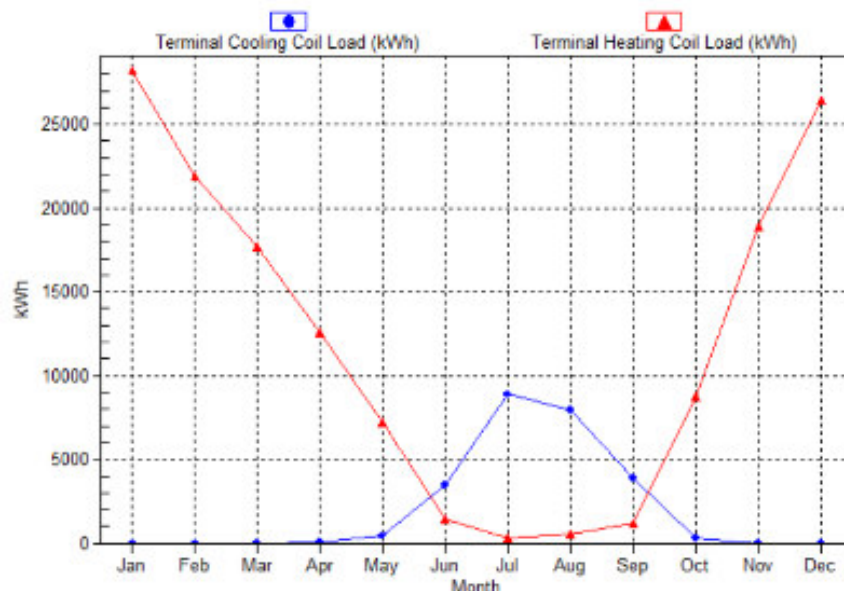


Figura 17 – Necessidades térmicas ao longo do ano

Em termos de simulação do funcionamento do edifício, os resultados obtidos foram os seguintes:

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	25 022	37,236
Heating Coil Loads	145 182	216,045
Grand Total	170 205	253,281

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	5 062	7,533	18 078	26,902
Cooling	5 295	7,879	18 909	28,138
Heating	37 113	55,228	132 548	197,244
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	47 470	70,639	169 535	252,284
Lights	25 995	38,683	92 839	138,153
Electric Equipment	10 042	14,944	35 866	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	36 037	53,627	128 705	191,525
Grand Total	83 507	124,266	298 239	443,809

Tabela 15 – Resultados da simulação dinâmica do edifício previsto

Os consumos do edifício são apresentados na tabela a seguir. A desagregação por tipo de uso é igualmente apresentada na forma gráfica.

USO	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	37 113
Arrefecimento	5 295
Ventilação	5 062
Iluminação	25 995
Equipamentos Elétricos	10 042

Tabela 16 – Consumos de energia no edifício previsto

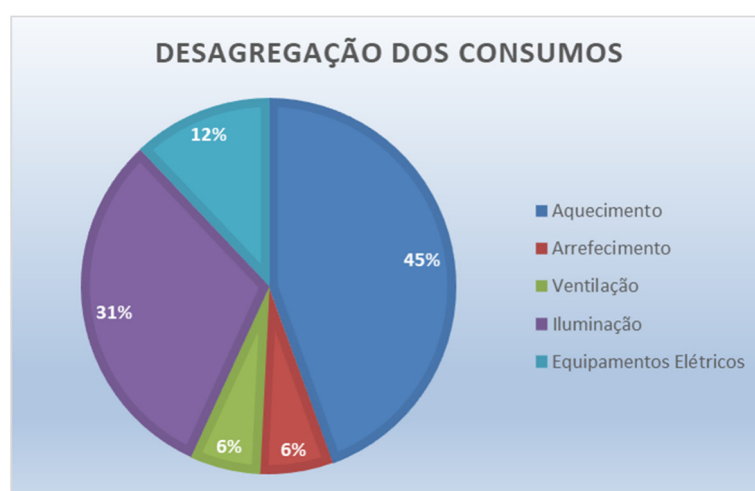


Figura 18 – Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso

e) Edifício de referência

A partir das soluções no edifício previsto iremos agora modelar o edifício de referência, que nos permitirá determinar a Classe Energética do imóvel de acordo com a metodologia aplicável conforme descrito no ponto 2.4.

As soluções do edifício de referência serão adotadas de acordo com o estabelecido na Tabela 102 – Condições a respeitar nos métodos de cálculo do Manual do SCE,

Os pressupostos a partir dos quais será gerado o modelo de simulação do edifício de referência com base nas soluções do edifício previsto são a seguir apresentados:

	Previsto	Referência
Condições interiores	[20 ; 25] °C	
Zonamento climático	I1, V2	
Envolvente opaca		
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m2.°C)]		
Paredes exteriores	1,10	0,70
Coberturas exteriores	2,60	0,50
Pavimentos interiores	3,10	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m2.°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP)	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
COP EER	3,00	3,00
	2,90	2,90
	Não	Não
	Não	Não
Sistemas de arrefecimento gratuito		
Sistemas de recuperação de calor		
Iluminação		
Potência de iluminação	12 [W/m2]	
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m2)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

f) Resultados da simulação – edifício de referência

Após simulação nas condições de referência indicadas no ponto anterior obtêm-se os seguintes resultados em termos de consumos:

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	19 749	29,388
Heating Coil Loads	25 447	37,867
Grand Total	45 196	67,256

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	3 959	5,891	14 139	21,040
Cooling	4 198	6,247	14 993	22,312
Heating	7 577	11,275	27 059	40,267
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	15 734	23,413	56 192	83,619
Lights	13 647	20,308	48 740	72,530
Electric Equipment	10 042	14,944	35 866	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	23 690	35,253	84 606	125,902
Grand Total	39 423	58,666	140 798	209,521

Tabela 17 – Resultados da SDM do edifício de referência

À semelhança do edifício previsto, é apresentada em seguida a tabela com os consumos por tipo de uso:

USO	CONSUMO EDIFÍCIO REFERÊNCIA	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]	Energia final [kWh]
Aquecimento	7 577	37 113
Arrefecimento	4 198	5 295
Ventilação	3 959	5 062
Iluminação	13 647	25 995
Equipamentos Elétricos	10 042	10 042

Tabela 18 – Consumos de energia no edifício de referência vs previsto

Com a informação atrás e seguindo a metodologia descrita em 2.4 Classificação energética dos edifícios, determina-se a classificação energética do nosso edifício:

Área Pavimento	672	m ²
IEEprev,s	463	[kWhEP/(m ² .ano)]
IEEprev,t	37	[kWhEP/(m ² .ano)]
IEEprev,ren	190	[kWhEP/(m ² .ano)]
IEEref,s	122	[kWhEP/(m ² .ano)]

RIEE	2,23	E
-------------	-------------	----------

Com base no valor do R_{IEE}, estamos perante um edifício de **Classe Energética E**.

- g) Alteração dos set-points do sistema de climatização do edifício previsto e determinação do potencial de poupança

Neste ponto será feita nova simulação no *software* HAP, alterando unicamente os set-points de temperatura interiores. O novo intervalo de temperatura será então [18;27] °C, e com base nesse intervalo obtemos os consumos da tabela seguinte:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	21 763
Arrefecimento	2 430
Ventilação	5 062
Iluminação	25 995
Equipamentos Elétricos	10 042

Tabela 19 – Consumos de energia no edifício previsto no regime [18;27] °C

Para este novo regime de temperatura de funcionamento do edifício as diferenças no consumo são evidentes. No capítulo seguinte serão verificadas as implicações desta alteração nas várias Classes Energéticas, aplicando metodologia análoga.

Capítulo 6

Resultados por Classe Energética

Neste capítulo serão apresentados os dados de entrada para geração do modelo de simulação dos edifícios (previsto e referência) assim como os resultados obtidos de acordo com as soluções preconizadas para as várias classes energéticas.

Serão igualmente apresentados os resultados obtidos com base na metodologia explanada no capítulo anterior.

6.1. Modelo de simulação Classe F

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício o aquecimento ambiente é assegurado através de radiadores elétricos. Não possui sistemas de arrefecimento ambiente e por esse motivo, na sua ausência considera-se um sistema por defeito do tipo **split** com permuta a ar com EER igual a 2,9 (Tabela 101 do Manual SCE).

A ventilação é assegurada por meios mecânicos, com admissão e extração de ar calculados pelo método prescritivo. Os ventiladores considerados possuem SPF 4 com 2000 W/m³.s.

Neste edifício o sistema de iluminação adotado possui uma densidade de potência de 12 W/m².

Área de pavimento [m ²]	160	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto	Edif. Referência
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coefficiente de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]		
Paredes exteriores	1,10	0,70
Coberturas exteriores	2,60	0,50
Pavimentos interiores	3,10	0,50
Envolvente envidraçada		
Coefficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SPF) [W/(m ³ /s)]	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento		
Eficiência COP EER	Resistência elétrica	Bomba de calor
	1,00	3,00
	2,90	2,90
	Não	Não
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	12 [W/m ²]	6,3 [W/m ²]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m ²)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (Emed [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
Controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 20 – Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe F)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	8 204	51,274
Heating Coil Loads	36 519	228,247
Grand Total	44 723	279,520

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 216	7,600	4 343	27,142
Cooling	1 803	11,268	6 439	40,243
Heating	36 518	228,237	130 421	815,132
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	39 537	247,105	141 203	882,518
Lights	6 189	38,683	22 105	138,153
Electric Equipment	2 391	14,944	8 539	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	8 580	53,627	30 644	191,525
Grand Total	48 117	300,732	171 847	1074,043

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 160,0 m²
 Conditioned Floor Area 160,0 m²

Tabela 21 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe F)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	5 577	34,857
Heating Coil Loads	9 657	60,359
Grand Total	15 235	95,216

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	933	5,832	3 333	20,830
Cooling	1 194	7,465	4 266	26,660
Heating	2 852	17,824	10 185	63,656
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	4 979	31,121	17 783	111,146
Lights	3 250	20,313	11 607	72,545
Electric Equipment	2 391	14,944	8 539	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	5 641	35,257	20 147	125,917
Grand Total	10 620	66,377	37 930	237,062

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 160,0 m²
 Conditioned Floor Area 160,0 m²

Tabela 22 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe F)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	3 823	23,894
Heating Coil Loads	23 175	144,843
Grand Total	26 998	168,737

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 216	7,600	4 343	27,142
Cooling	860	5,377	3 072	19,203
Heating	23 174	144,837	82 764	517,276
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	25 250	157,814	90 179	563,621
Lights	6 189	38,683	22 105	138,153
Electric Equipment	2 391	14,944	8 539	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	8 580	53,627	30 644	191,525
Grand Total	33 831	211,441	120 823	755,146

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area **160,0** m²
 Conditioned Floor Area **160,0** m²

Tabela 23 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe F)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 5,56**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética F**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	36 518
Arrefecimento	1 803
Ventilação	1 216
Iluminação	6 189
Equipamentos Elétricos	2 391

Tabela 24 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe F)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

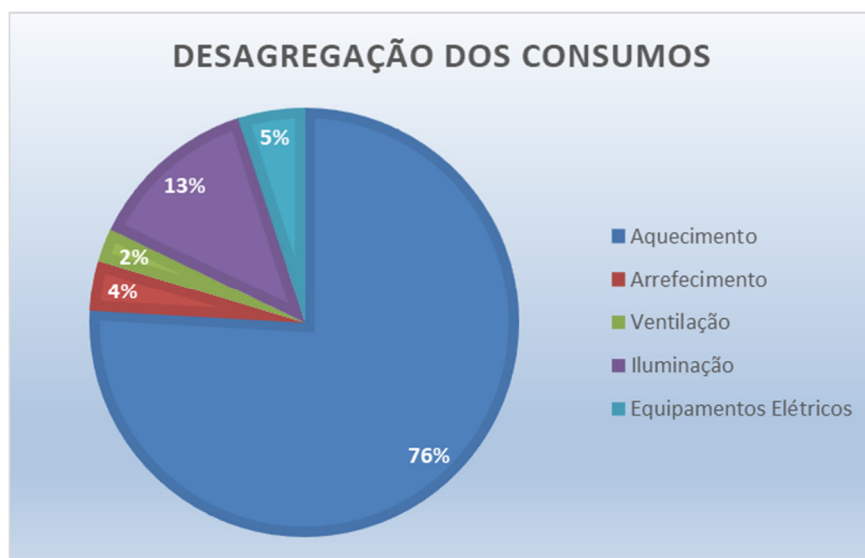


Figura 19 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe F)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	23 174
Arrefecimento	860
Ventilação	1 216
Iluminação	6 189
Equipamentos Elétricos	2 391

Tabela 25 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe F)

Comentário Classe F

Os resultados obtidos confirmam a elevada falta de eficiência do sistema de climatização considerado neste edifício. É possível verificar que a fatia da energia consumida por este uso atinge 80% da energia total consumida o que a verificar-se na realidade resulta numa situação inviável do ponto de vista económico.

Para este resultado contribui também a baixa qualidade do ponto de vista térmico das soluções da envolvente.

Nestas condições observa-se um elevado potencial de poupança com a alteração dos set-points de temperatura, que no caso resulta numa diminuição de 30 % no consumo de energia final total do edifício.

6.2. Modelo de simulação Classe E

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, com exceção do sistema de climatização. Neste caso será considerado que se encontra instalado um sistema do tipo VRF, com COP igual a 3 e EER igual a 2,9.

Esta medida de melhoria visa reduzir as necessidades de energia final quer na situação de aquecimento ambiente quer na situação de arrefecimento ambiente.

Área de pavimento [m ²]	200	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto Edif. Referência	
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]		
Paredes exteriores	1,10	0,70
Coberturas exteriores	2,60	0,50
Pavimentos interiores	3,10	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m ³ /s)]	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
	COP	3,00
	EER	2,90
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	12 [W/m ²]	6,3 [W/m ²]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m ²)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 26 – Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe E)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	9 970	49,848
Heating Coil Loads	44 683	223,415
Grand Total	54 653	273,263

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 499	7,494	5 353	26,763
Cooling	2 192	10,961	7 829	39,147
Heating	11 204	56,022	40 016	200,079
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	14 895	74,477	53 198	265,989
Lights	7 737	38,683	27 631	138,153
Electric Equipment	2 989	14,944	10 674	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	10 725	53,627	38 305	191,525
Grand Total	25 621	128,104	91 503	457,514

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 200,0 m²
 Conditioned Floor Area 200,0 m²

Tabela 27 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe E)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	6 724	33,620
Heating Coil Loads	11 381	56,905
Grand Total	18 105	90,524

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 188	5,939	4 242	21,209
Cooling	1 488	7,439	5 313	26,567
Heating	3 260	16,299	11 642	58,210
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	5 935	29,676	21 197	105,985
Lights	4 062	20,309	14 506	72,530
Electric Equipment	2 989	14,944	10 674	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	7 051	35,253	25 180	125,902
Grand Total	12 986	64,929	46 378	231,888

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 200,0 m²
 Conditioned Floor Area 200,0 m²

Tabela 28 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe E)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	4 627	23,133
Heating Coil Loads	28 320	141,601
Grand Total	32 947	164,734

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 499	7,494	5 353	26,763
Cooling	1 041	5,203	3 716	18,580
Heating	6 714	33,568	23 977	119,885
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	9 253	46,264	33 046	165,229
Lights	7 737	38,683	27 631	138,153
Electric Equipment	2 989	14,944	10 674	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	10 725	53,627	38 305	191,525
Grand Total	19 978	99,891	71 351	356,754

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 200,0 m²
Conditioned Floor Area 200,0 m²

Tabela 29 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe E)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 2,26**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética E**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	11 204
Arrefecimento	2 192
Ventilação	1 499
Iluminação	7 737
Equipamentos Elétricos	2 989

Tabela 30 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe E)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

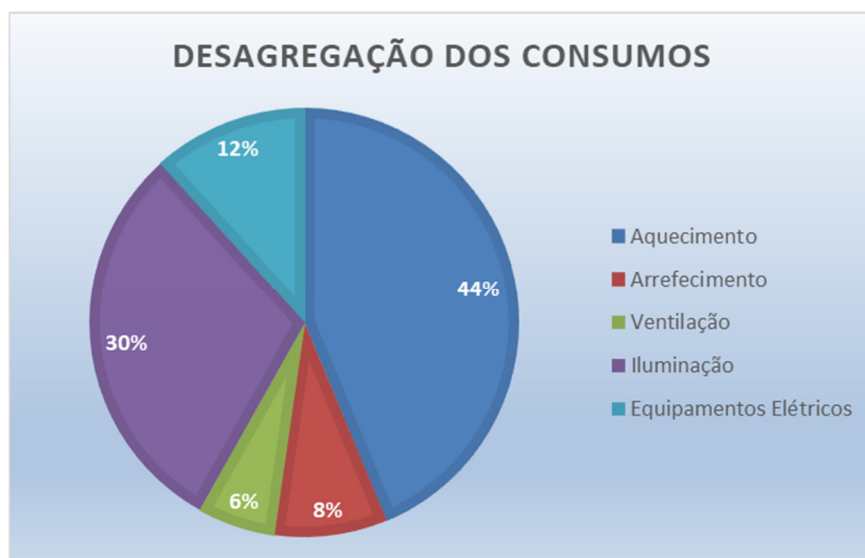


Figura 20 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe E)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	6 714
Arrefecimento	1 041
Ventilação	1 499
Iluminação	7 737
Equipamentos Elétricos	2 989

Tabela 31 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe E)

Comentário Classe E

Através da substituição do sistema de aquecimento do edifício previsto por um sistema mais eficiente, verifica-se desde logo uma redução considerável nos consumos de energia com climatização cifrando-se neste caso num total de 52 % do total da energia consumida no edifício.

Nestas condições o potencial de poupança devido à alteração dos set-points de temperatura para o regime [18,27] °C resulta numa diminuição de 22 % no consumo de energia final total do edifício, um valor ainda muito apreciável.

6.3. Modelo de simulação Classe D

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo será introduzida uma melhoria na envolvente opaca, neste caso associada à cobertura.

A alteração na envolvente será calculada tendo em conta a aplicação de painel rígido de polietileno extrudido (XPS) com 3 cm de espessura e condutibilidade térmica igual a 0,037 [W/(m.°C)]. Para efeitos de transmissão térmica considera-se por agora que a solução construtiva não garante a ausência de zonas de PTP e como tal, continua a ser considerado o agravamento global de 35% do valor de transmissão térmica deste elemento.

Esta medida de melhoria visa reduzir as perdas de energia, bem como diminuir os ganhos através da envolvente conforme se trate de uma situação de aquecimento ou arrefecimento respetivamente.

Área de pavimento [m2]	450	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto	Edif. Referência
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m2.°C)]		
Paredes exteriores	1,10	0,70
Coberturas exteriores	0,84	0,50
Pavimentos interiores	3,10	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m2.°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m3/s)]	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
COP EER	3,00	3,00
	2,90	2,90
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	12 [W/m2]	6,3 [W/m2]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m2)/100lx])	2,10	
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])	300,00	
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 32 – Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe D)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	8 155	18,121
Heating Coil Loads	55 079	122,397
Grand Total	63 233	140,519

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	3 393	7,541	12 119	26,932
Cooling	1 804	4,010	6 444	14,321
Heating	13 898	30,883	49 634	110,298
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	19 095	42,434	68 198	151,550
Lights	17 407	38,683	62 169	138,153
Electric Equipment	6 725	14,944	24 017	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	24 132	53,627	86 186	191,525
Grand Total	43 228	96,061	154 384	343,075

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 450,0 m²
Conditioned Floor Area 450,0 m²

Tabela 33 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe D)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	13 675	30,389
Heating Coil Loads	19 514	43,364
Grand Total	33 189	73,753

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	2 658	5,907	9 493	21,097
Cooling	3 012	6,694	10 758	23,906
Heating	5 645	12,544	20 160	44,801
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	11 315	25,145	40 412	89,804
Lights	9 139	20,308	32 639	72,530
Electric Equipment	6 725	14,944	24 017	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	15 864	35,253	56 656	125,902
Grand Total	27 179	60,398	97 067	215,705

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 450,0 m²
Conditioned Floor Area 450,0 m²

Tabela 34 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe D)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	3 439	7,643
Heating Coil Loads	31 637	70,306
Grand Total	35 077	77,948

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	3 393	7,541	12 119	26,932
Cooling	825	1,833	2 946	6,546
Heating	7 768	17,263	27 744	61,654
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	11 987	26,637	42 809	95,132
Lights	17 407	38,683	62 169	138,153
Electric Equipment	6 725	14,944	24 017	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	24 132	53,627	86 186	191,525
Grand Total	36 119	80,264	128 996	286,657

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 450,0 m²
 Conditioned Floor Area 450,0 m²

Tabela 35 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe D)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 1,72**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética D**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	13 898
Arrefecimento	1 804
Ventilação	3 393
Iluminação	17 407
Equipamentos Elétricos	6 725

Tabela 36 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe D)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

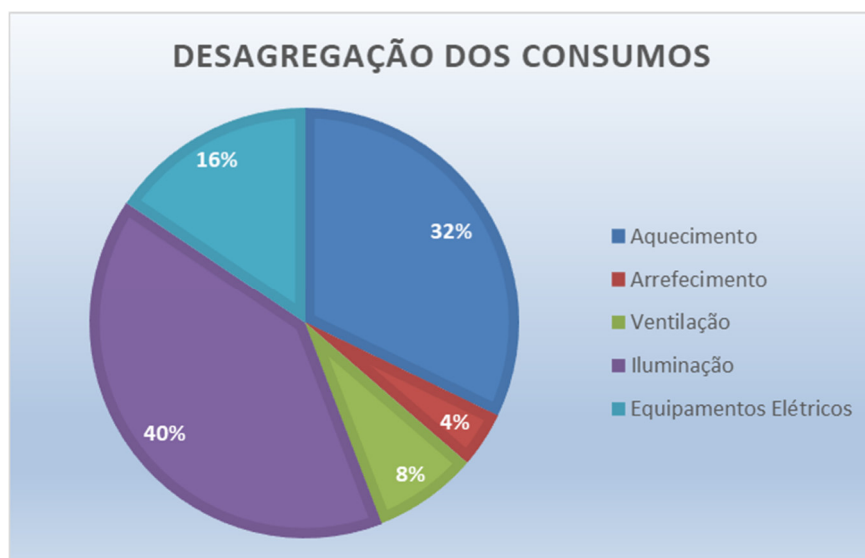


Figura 21 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe D)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	7 768
Arrefecimento	825
Ventilação	3 393
Iluminação	17 407
Equipamentos Elétricos	6 725

Tabela 37 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe D)

Comentário Classe D

Para obtenção desta categoria iniciamos as melhorias ao nível da envolvente opaca. Nesta situação a introdução de isolamento térmico na cobertura, ainda que com desempenho inferior ao edifício de referência resulta numa diminuição dos consumos com climatização nas situações de aquecimento (agora com uma quota de 32 %) e de arrefecimento (agora com uma quota de 4%) perfazendo o total de consumo 36 % de energia do edifício.

Nestas condições, a energia consumida com climatização é de 15 702 kWh/ano, reduzindo-se este valor para 8 593 kWh/ano no regime de temperatura [18,27] °C. Trata-se de uma redução de 45% de consumo de energia final em climatização, energia esta que representa uma redução de 16 % no consumo de energia final total do edifício.

6.4. Modelo de simulação Classe C

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo serão introduzidas novas melhorias na envolvente opaca, neste caso associadas à cobertura, paredes exteriores e pavimentos interiores. A alteração na envolvente será calculada tendo em conta a aplicação de painel rígido de polietileno extrudido (XPS) com condutibilidade térmica igual a 0,037 [W/(m.°C)] nas seguintes espessuras:

- Cobertura – aplicação de painel com 4 cm de espessura;
- Paredes exteriores – aplicação de painel com 3 cm de espessura;
- Pavimentos interiores – aplicação de painel com 3 cm de espessura;

Para efeitos de transmissão térmica considera-se por agora que a solução construtiva não garante a ausência de zonas de PTP e como tal, continua a ser considerado o agravamento global de 35% do valor de transmissão térmica destes elementos.

Neste edifício considerou-se também uma melhoria ao nível do sistema de iluminação, o qual pressupõe uma diminuição da densidade de potência de iluminação de 15 % face ao edifício anterior.

Área de pavimento [m2]	540	
	Edif. Previsto	Edif. Referência
Condições interiores [°C]	[20 ; 25]	
Zonamento climático	I1, V2	
Envolvente opaca		
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m2.°C)]		
Paredes exteriores	0,58	0,70
Coberturas exteriores	0,68	0,50
Pavimentos interiores	0,79	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m2.°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m3/s)]	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
COP EER	3,00	3,00
	2,90	2,90
	Não	Não
	Não	Não
Sistemas de arrefecimento gratuito		
Sistemas de recuperação de calor		
Iluminação		
Potência de iluminação	10 [W/m2]	6,3 [W/m2]
Densidade de potência iluminação (DPI100lx,max [(W/m2)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (Emed [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 38 - Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe C)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	17 431	32,281
Heating Coil Loads	27 774	51,433
Grand Total	45 205	83,714

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	4 072	7,541	14 543	26,932
Cooling	3 813	7,061	13 618	25,218
Heating	7 735	14,324	27 625	51,158
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	15 620	28,926	55 786	103,308
Lights	17 407	32,236	62 169	115,128
Electric Equipment	8 070	14,944	28 821	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	25 477	47,180	90 990	168,500
Grand Total	41 097	76,106	146 776	271,807

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 540,0 m²
Conditioned Floor Area 540,0 m²

Tabela 39 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe C)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	16 156	29,919
Heating Coil Loads	21 817	40,402
Grand Total	37 973	70,320

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	3 167	5,865	11 311	20,947
Cooling	3 556	6,586	12 702	23,522
Heating	6 297	11,661	22 489	41,647
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	13 021	24,112	46 502	86,116
Lights	10 967	20,310	39 169	72,535
Electric Equipment	8 070	14,944	28 821	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	19 037	35,254	67 990	125,907
Grand Total	32 058	59,366	114 492	212,022

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 540,0 m²
Conditioned Floor Area 540,0 m²

Tabela 40 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe C)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	8 051	14,910
Heating Coil Loads	16 132	29,874
Grand Total	24 183	44,784

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	4 072	7,541	14 543	26,932
Cooling	1 760	3,260	6 287	11,642
Heating	4 456	8,252	15 914	29,470
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	10 288	19,052	36 744	68,044
Lights	17 407	32,236	62 169	115,128
Electric Equipment	8 070	14,944	28 821	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	25 477	47,180	90 990	168,500
Grand Total	35 765	66,232	127 734	236,544

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area..... 540,0 m²
Conditioned Floor Area..... 540,0 m²

Tabela 41 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe C)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 1,38**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética C**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	7 735
Arrefecimento	3 813
Ventilação	4 072
Iluminação	17 407
Equipamentos Elétricos	8 070

Tabela 42 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe C)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

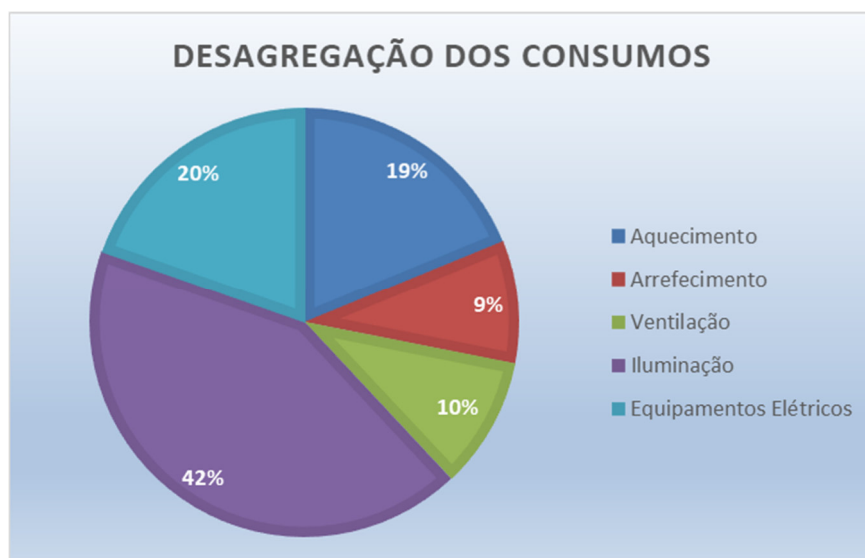


Figura 22 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe C)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	4 456
Arrefecimento	1 760
Ventilação	4 072
Iluminação	17 407
Equipamentos Elétricos	8 070

Tabela 43 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe C)

Comentário Classe C

Esta categoria energética foi obtida através de novas melhorias introduzidas ao nível da envolvente opaca acrescidas de uma ligeira melhoria no desempenho do sistema de iluminação. Com esta configuração a percentagem de energia final gasta com climatização é de 28 %, distanciando-se assim das classes energéticas anteriores com um consumo na situação de aquecimento de 19 % e de 9% em arrefecimento.

Nestas condições, a redução que é possível obter alterando o funcionamento para o regime de temperatura [18,27] °C é de. 46% de consumo de energia final com climatização, energia esta que representa uma redução de 13 % no consumo de energia final total do edifício.

6.5. Modelo de simulação Classe B-

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo serão introduzidas novas melhorias na envolvente opaca, neste caso associadas à cobertura e pavimentos interiores. A alteração na envolvente será calculada tendo em conta a aplicação de painel rígido de polietileno extrudido (XPS) com condutibilidade térmica igual a 0,037 [W/(m.°C)] nas seguintes espessuras:

- Cobertura – aplicação de painel com 6 cm de espessura;
- Pavimentos interiores – aplicação de painel com 6 cm de espessura;

Para efeitos de transmissão térmica considera-se agora que a solução construtiva garante a ausência de zonas de PTP e como tal, deixa de ser considerado o agravamento global de 35% do valor de transmissão térmica destes elementos.

Neste edifício são novamente consideradas melhorias ao sistema de iluminação. O novo sistema garante agora uma densidade de potência 20% inferior ao valor de referência.

Área de pavimento [m2]	888	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto	Edif. Referência
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coefficiente de transmissão térmica [W/(m2.°C)]		
Paredes exteriores	0,58	0,70
Coberturas exteriores	0,50	0,50
Pavimentos interiores	0,48	0,50
Envolvente envidraçada		
Coefficientes de transmissão térmica [W/(m2.°C)]	4,30	
Fator solar [%]	0,20	
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m3/s)]	2 000	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento		
COP EER	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
	3,00	3,00
	2,90	2,90
	Não	Não
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	5 [W/m2]	6,3 [W/m2]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m2)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 44 - Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe B-)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	26 739	30,111
Heating Coil Loads	26 200	29,505
Grand Total	52 939	59,616

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	6 702	7,547	23 936	26,955
Cooling	5 778	6,506	20 634	23,237
Heating	7 752	8,729	27 684	31,176
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	20 231	22,783	72 254	81,367
Lights	18 034	20,308	64 407	72,530
Electric Equipment	13 270	14,944	47 394	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	31 304	35,252	111 801	125,902
Grand Total	51 535	58,035	184 055	207,269

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 888,0 m²
Conditioned Floor Area 888,0 m²

Tabela 45 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe B-)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	25 608	28,838
Heating Coil Loads	31 301	35,249
Grand Total	56 910	64,088

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	5 232	5,891	18 684	21,041
Cooling	5 626	6,335	20 092	22,626
Heating	8 991	10,125	32 110	36,160
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	19 848	22,352	70 886	79,827
Lights	18 034	20,308	64 407	72,530
Electric Equipment	13 270	14,944	47 394	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	31 304	35,252	111 801	125,902
Grand Total	51 152	57,604	182 687	205,728

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 888,0 m²
Conditioned Floor Area 888,0 m²

Tabela 46 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe B-)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	12 496	14,072
Heating Coil Loads	17 544	19,757
Grand Total	30 040	33,829

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	6 702	7,547	23 936	26,955
Cooling	2 685	3,023	9 588	10,797
Heating	5 053	5,691	18 047	20,323
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	14 440	16,261	51 570	58,075
Lights	14 313	16,118	51 116	57,564
Electric Equipment	13 270	14,944	47 394	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	27 583	31,062	98 510	110,935
Grand Total	42 023	47,323	150 081	169,010

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
Gross Floor Area 888,0 m²
Conditioned Floor Area 888,0 m²

Tabela 47 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe B-)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 0,91**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética B-**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	7 963
Arrefecimento	5 428
Ventilação	6 702
Iluminação	14 313
Equipamentos Elétricos	13 270

Tabela 48 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe B-)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

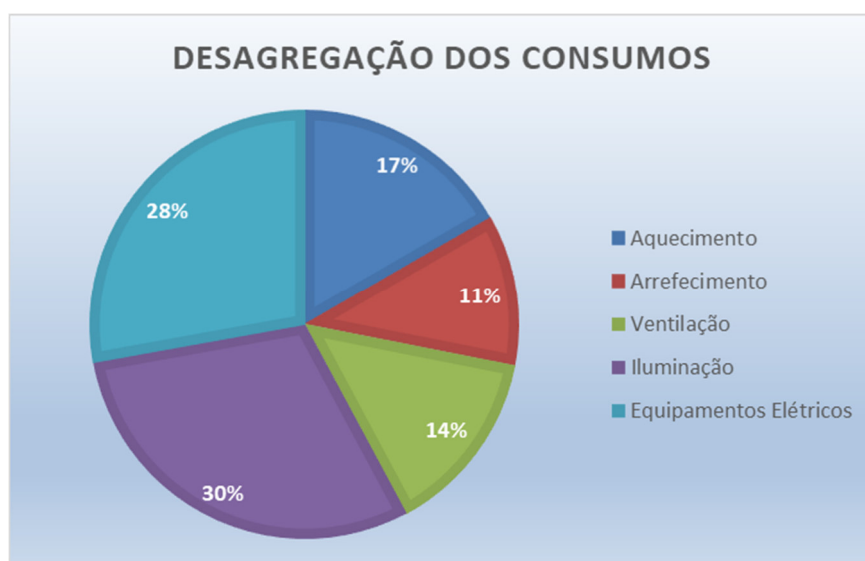


Figura 23 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe B-)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo $[18;27]$ °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	5 053
Arrefecimento	2 685
Ventilação	6 702
Iluminação	14 313
Equipamentos Elétricos	13 270

Tabela 49 - Consumos de energia no edifício previsto, regime $[18;27]$ °C (Classe B-)

Comentário Classe B-

Esta categoria energética foi obtida através de novas melhorias introduzidas ao nível da envolvente opaca que garantem agora a ausência da contribuição das PTP. Adicionalmente considerou-se uma melhoria mais expressiva ao nível dos sistemas de iluminação desta feita com um desempenho já superior ao da referência.

Com esta configuração a percentagem de energia final gasta com climatização é de 28 %, valor idêntico ao da classe energética anterior porém com uma distribuição distinta, aproximando-se agora os consumos na situação de aquecimento e arrefecimento, com 17 % e de 11% respetivamente, do total do consumo energético do edifício.

Neste caso, a redução que é possível obter alterando o funcionamento para o regime de temperatura $[18,27]$ °C é de 42% do consumo de energia final com climatização, energia esta que representa uma redução de 12 % no consumo de energia final total do edifício, valores muito semelhantes à classe energética anterior.

6.6. Modelo de simulação Classe B

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo serão introduzidas algumas novas melhorias com vista à subida de classe energética pretendida.

Em respeito à envolvente serão neste caso consideradas melhoria ao nível dos vãos envidraçados, os quais terão melhor desempenho com coeficiente de transmissão térmica de 1,36 W/m².°C.

Neste edifício são novamente consideradas melhorias ao sistema de iluminação. O sistema garante agora uma densidade de potência 30% inferior ao valor de referência.

Ao nível da ventilação, esta simulação considera:

- Unidades de tratamento de ar novo com recuperação de calor sensível e eficiência de 50 %;
- Ventiladores classe SPF 2 com 750 W/m³.s;

Área de pavimento [m ²]	720	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto	Edif. Referência
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coefficiente de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]		
Paredes exteriores	0,58	0,70
Coberturas exteriores	0,50	0,50
Pavimentos interiores	0,48	0,50
Envolvente envidraçada		
Coefficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	1,36	4,30
Fator solar [%]	0,20	0,20
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m ³ /s)]	750	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Não	Não
Climatização		
Aquecimento	Sistema p/ defeito	Bomba de calor
COP EER	3,00	3,00
	2,90	2,90
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Sim	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	4,41 [W/m ²]	6,3 [W/m ²]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m ²)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Não	Não

Tabela 50 - Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe B)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	21 861	30,363
Heating Coil Loads	10 944	15,200
Grand Total	32 806	45,563

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	2 036	2,828	7 272	10,099
Cooling	4 794	6,659	17 122	23,781
Heating	3 429	4,762	12 245	17,007
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	10 259	14,248	36 639	50,887
Lights	10 235	14,216	36 555	50,771
Electric Equipment	10 760	14,944	38 428	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	20 995	29,160	74 983	104,143
Grand Total	31 254	43,408	111 621	155,029

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area..... 720,0 m²
 Conditioned Floor Area..... 720,0 m²

Tabela 51 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe B)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	20 991	29,154
Heating Coil Loads	26 958	37,442
Grand Total	47 949	66,596

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	4 242	5,891	15 149	21,041
Cooling	4 614	6,408	16 478	22,887
Heating	7 775	10,799	27 768	38,567
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	16 631	23,098	59 396	82,494
Lights	14 622	20,309	52 222	72,531
Electric Equipment	10 760	14,944	38 428	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	25 382	35,253	90 650	125,902
Grand Total	42 013	58,351	150 045	208,396

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area..... 720,0 m²
 Conditioned Floor Area..... 720,0 m²

Tabela 52 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe B)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	12 212	16,961
Heating Coil Loads	7 004	9,727
Grand Total	19 216	26,688

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	2 036	2,828	7 272	10,099
Cooling	2 594	3,603	9 265	12,868
Heating	2 250	3,125	8 035	11,160
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	6 880	9,556	24 572	34,127
Lights	10 235	14,216	36 555	50,771
Electric Equipment	10 760	14,944	38 428	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	20 995	29,160	74 983	104,143
Grand Total	27 875	38,716	99 554	138,270

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.

Gross Floor Area **720,0** m²
 Conditioned Floor Area **720,0** m²

Tabela 53 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe B)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 0,66**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética B**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	3 429
Arrefecimento	4 794
Ventilação	2 036
Iluminação	10 235
Equipamentos Elétricos	10 760

Tabela 54 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe B)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

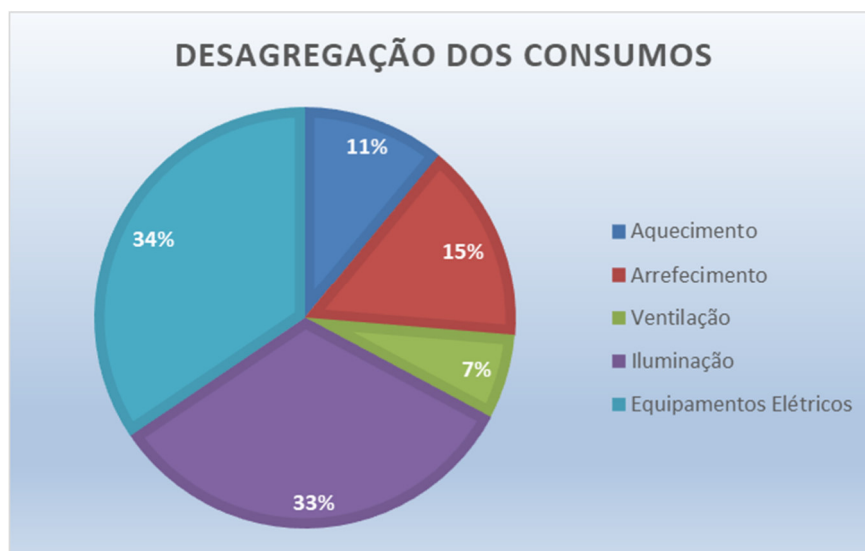


Figura 24 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe B)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	2 250
Arrefecimento	2 594
Ventilação	2 036
Iluminação	10 235
Equipamentos Elétricos	10 760

Tabela 55 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe B)

Comentário Classe B

Para obtenção desta categoria energética as medidas de melhoria incidiram sobre a envolvente envidraçada e também sobre os sistemas técnicos. O sistema de iluminação e de ventilação considerados são agora substancialmente mais eficientes tendo sido considerada, com respeito à esta última, adicionalmente recuperação de calor sensível no extraído pelo sistema de tratamento de ar.

Com este modelo atinge-se um consumo de energia final gasta com climatização de 26 %, 2% abaixo da classe energética anterior. Contudo observando o consumo específico deste uso por unidade de área a redução é superior a 24%.

Com este formato acontece pela primeira vez uma necessidade de aquecimento inferior à necessidade de arrefecimento com percentagens de 11% e 15% respetivamente, do total do consumo energético do edifício.

A redução que é possível obter com o regime de temperatura [18,27] °C é de 41% do consumo de energia final com climatização, energia esta que representa uma redução de 11 % no consumo de energia final total do edifício, valores que continuam muito próximos de classes energéticas anteriores.

6.7. Modelo de simulação Classe A

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo serão introduzidas algumas novas melhorias com vista à subida de classe energética pretendida.

O sistema de climatização considerado, do tipo VRF versão bomba de calor com permuta ar-ar, será agora de alta eficiência com COP igual a 4,3 e EER igual a 4.6.

Neste edifício são consideradas melhorias ao sistema de iluminação. O sistema garante agora uma densidade de potência 40% inferior ao valor de referência, para além da introdução de um sistema de controlo da iluminação em função da luz natural.

Ao nível da ventilação, esta simulação considera:

- Unidades de tratamento de ar novo com recuperação de calor sensível e eficiência de 60 %;
- Ventiladores classe SPF 1 com 500 W/m³.s;

Área de pavimento [m ²]	1 710	
Condições interiores [°C]	Edif. Previsto	Edif. Referência
Zonamento climático	[20 ; 25]	
Envolvente opaca	I1, V2	
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]		
Paredes exteriores	0,58	0,70
Coberturas exteriores	0,50	0,50
Pavimentos interiores	0,48	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	1,36	4,30
Fator solar [%]	0,20	0,20
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m ³ /s)]	500	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Sim	Não
Climatização		
Aquecimento	B.C. alta efic.	Bomba de calor
	COP	4,30
	EER	4,60
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Sim	Não
Iluminação		
Potência de iluminação	3,40 [W/m ²]	6,3 [W/m ²]
Densidade de potência iluminação (DPI _{100lx,max} [(W/m ²)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (E _{med} [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Não	Não
Controlo da iluminação em função da luz natural	Sim	Não

Tabela 56 – Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe A)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	44 234	25,868
Heating Coil Loads	21 651	12,661
Grand Total	65 885	38,529

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	3 224	1,885	11 513	6,733
Cooling	6 084	3,558	21 728	12,706
Heating	4 681	2,738	16 719	9,777
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	13 989	8,181	49 960	29,217
Lights	18 742	10,960	66 935	39,143
Electric Equipment	25 554	14,944	91 266	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	44 296	25,904	158 200	92,515
Grand Total	58 285	34,085	208 161	121,731

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.

Gross Floor Area 1710,0 m²
 Conditioned Floor Area 1710,0 m²

Tabela 57 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe A)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	47 107	27,548
Heating Coil Loads	52 457	30,676
Grand Total	99 564	58,224

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	10 067	5,887	35 954	21,026
Cooling	10 327	6,039	36 883	21,569
Heating	14 869	8,695	53 104	31,055
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	35 263	20,622	125 941	73,650
Lights	34 727	20,308	124 026	72,530
Electric Equipment	25 554	14,944	91 266	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	60 282	35,253	215 292	125,902
Grand Total	95 545	55,874	341 233	199,552

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.

Gross Floor Area 1710,0 m²
 Conditioned Floor Area 1710,0 m²

Tabela 58 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe A)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	24 208	14,157
Heating Coil Loads	13 257	7,753
Grand Total	37 465	21,910

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	3 224	1,885	11 513	6,733
Cooling	3 217	1,881	11 488	6,718
Heating	3 018	1,765	10 779	6,304
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	9 458	5,531	33 780	19,754
Lights	18 742	10,960	66 935	39,143
Electric Equipment	25 554	14,944	91 266	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	44 296	25,904	158 200	92,515
Grand Total	53 754	31,435	191 980	112,269

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 1710,0 m²
 Conditioned Floor Area 1710,0 m²

Tabela 59 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe A)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 0,47**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética A**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	4 681
Arrefecimento	6 084
Ventilação	3 224
Iluminação	18 742
Equipamentos Elétricos	25 554

Tabela 60 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe A)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

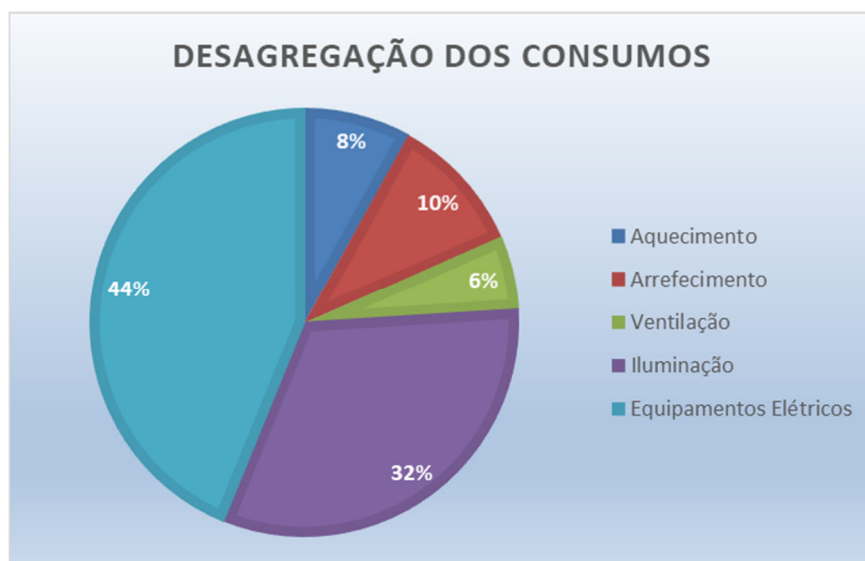


Figura 25 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe A)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo $[18;27]$ °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	3 018
Arrefecimento	3 217
Ventilação	3 224
Iluminação	18 742
Equipamentos Elétricos	25 554

Tabela 61 - Consumos de energia no edifício previsto, regime $[18;27]$ °C (Classe A)

Comentário Classe A

Para obtenção desta categoria energética foi incrementada a eficiência do sistema de climatização. Foram igualmente introduzidas melhorias no sistema de iluminação que permite agora também um controlo em função da disponibilidade de luz natural.

Nesta classificação temos um consumo de energia final gasta com climatização de 18 %, cuja necessidade de energia final tem a seguinte distribuição: 8 % em arrefecimento e 10 % em aquecimento.

A redução da utilização do regime de temperatura $[18,27]$ °C é de 42% do consumo de energia final com climatização, energia esta que representa agora uma redução de 8% no consumo de energia final total do edifício.

6.8. Modelo de simulação Classe A+

Dados para simulação do Edifício previsto e Edifício de referência

Neste edifício serão adotados pressupostos em tudo semelhantes ao edifício anterior, contudo serão introduzidas algumas novas melhorias com vista à subida de classe energética pretendida. As melhorias consideradas face ao edifício anterior são:

- Sistema de iluminação: o sistema garante agora uma densidade de potência 50% inferior ao valor de referência e que existe sistema de controlo da iluminação em função da luz natural;
- Sistema de ventilação, esta simulação considera ventiladores classe SPF 0 com 300 W/m³.s;
- Uma unidade de produção fotovoltaica para autoconsumo com 6,0 kWac, produção anual de 8 980 kWh com autoconsumo de 8 850 kWh (dados obtidos através do *software* PVSyst V6.88);

Área de pavimento [m2]	897	
	Edif. Previsto	Edif. Referência
Condições interiores [°C]	[20 ; 25]	
Zonamento climático	I1, V2	
Envolvente opaca		
Coeficiente de transmissão térmica [W/(m2.°C)]		
Paredes exteriores	0,58	0,70
Coberturas exteriores	0,50	0,50
Pavimentos interiores	0,48	0,50
Envolvente envidraçada		
Coeficientes de transmissão térmica [W/(m2.°C)]	1,36	4,30
Fator solar [%]	0,20	0,20
Ventilação		
Caudais determinados pelo método prescritivo	Caudal	Caudal / 0,8
Potência específica (SFP) [W/(m3/s)]	300	1 250
Sistemas de arrefecimento gratuito	Não	Não
Sistemas de recuperação de calor	Sim	Não
Climatização		
Aquecimento	B.C. alta efic.	Bomba de calor
COP	4,30	3,00
	4,60	2,90
EER	Não	Não
	Sim	Não
Sistemas de arrefecimento gratuito		
Sistemas de recuperação de calor		
Iluminação		
Potência de iluminação	2,84 [W/m2]	6,3 [W/m2]
Densidade de potência iluminação (DPI100lx,max [(W/m2)/100lx])		2,10
Iluminância média requerida (Emed [lux])		300,00
Controlo da iluminação em função da ocupação	Sim	Não
controlo da iluminação em função da luz natural	Sim	Não

Tabela 62 – Pressupostos edifício previsto vs referência (Classe A+)

Resultados da simulação – Edifício previsto

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	24 169	26,945
Heating Coil Loads	13 284	14,809
Grand Total	37 453	41,754

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	1 018	1,135	3 636	4,053
Cooling	3 343	3,727	11 940	13,311
Heating	2 937	3,274	10 489	11,694
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	7 298	8,136	26 066	29,059
Lights	8 212	9,155	29 329	32,696
Electric Equipment	13 405	14,944	47 874	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	21 617	24,099	77 203	86,068
Grand Total	28 915	32,236	103 269	115,127

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 897,0 m²
 Conditioned Floor Area 897,0 m²

Tabela 63 - Resultados da SDM do edifício previsto (Classe A+)

Resultados da simulação – Edifício de referência

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	25 813	28,777
Heating Coil Loads	31 708	35,348
Grand Total	57 520	64,125

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	5 288	5,895	18 886	21,055
Cooling	5 670	6,321	20 251	22,577
Heating	9 110	10,156	32 535	36,271
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	20 068	22,373	71 672	79,902
Lights	18 217	20,309	65 060	72,531
Electric Equipment	13 405	14,944	47 874	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	31 622	35,253	112 934	125,902
Grand Total	51 690	57,625	184 606	205,804

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 897,0 m²
 Conditioned Floor Area 897,0 m²

Tabela 64 - Resultados da SDM do edifício de referência (Classe A+)

Resultados da simulação – Edifício previsto regime [18;27] °C,

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	13 240	14,761
Heating Coil Loads	8 184	9,124
Grand Total	21 424	23,884

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	1 018	1,135	3 636	4,053
Cooling	1 775	1,979	6 341	7,069
Heating	1 935	2,157	6 910	7,703
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	4 728	5,271	16 886	18,825
Lights	8 212	9,155	29 329	32,696
Electric Equipment	13 405	14,944	47 874	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	21 617	24,099	77 203	86,068
Grand Total	26 345	29,370	94 089	104,893

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 897,0 m²
 Conditioned Floor Area 897,0 m²

Tabela 65 - Resultados da SDM do edifício previsto, regime [18-27] (Classe A+)

Análise energética

Com base nos resultados obtidos, o **RIEE deste edifício é de 0,17**. Este indicador confirma que estamos perante um edifício de **Classe Energética A+**.

A tabela a seguir apresenta os consumos por tipo de uso em termos de energia final:

USO (regime 20-25 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	2 937
Arrefecimento	3 343
Ventilação	1 018
Iluminação	8 212
Equipamentos Elétricos	13 405

Tabela 66 - Consumos de energia no edifício previsto (Classe A+)

Em termos gráficos, a desagregação dos consumos por tipologia de uso fica assim representada:

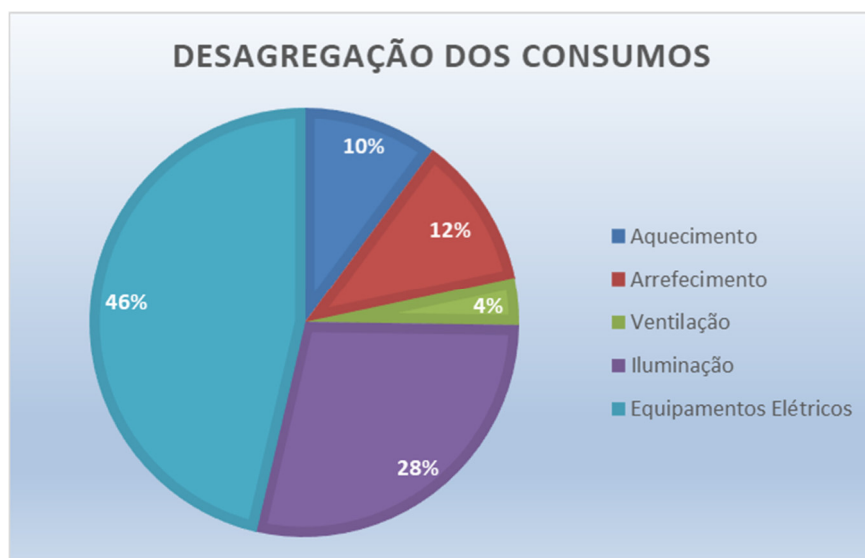


Figura 26 - Representação gráfica do consumo do edifício previsto por uso (Classe A+)

Para o regime de funcionamento com temperaturas ambiente no intervalo [18;27] °C, os consumos em termos de energia final são os seguintes:

USO (regime 18-27 °C)	CONSUMO EDIFÍCIO PREVISTO
	Energia final [kWh]
Aquecimento	1 935
Arrefecimento	1 775
Ventilação	1 018
Iluminação	8 212
Equipamentos Elétricos	13 405

Tabela 67 - Consumos de energia no edifício previsto, regime [18;27] °C (Classe A+)

Comentário Classe A+

Esta categoria energética foi obtida com melhoria dos sistemas anteriormente considerados no edifício previsto, nomeadamente no sistema de iluminação e no sistema de ventilação, contudo a maior alteração reside no facto de ter sido considerado um sistema de produção de energia para autoconsumo a partir de uma unidade de produção fotovoltaica.

Apesar da classificação máxima ser atingida os valores obtidos não surpreendem, sendo neste caso a percentagem de consumo de climatização de 22%, a distribuição de consumos de 12 % em arrefecimento e 10 % em aquecimento.

Quanto à redução da utilização do regime de temperatura [18,27] °C foi 41% do consumo de energia final com climatização, 8% no consumo de energia final total do edifício.

Capítulo 7

Conclusão e sugestões para trabalhos futuros

7.1. Conclusão

Neste trabalho foi realizada uma aproximação com vista à simulação computacional do impacto da alteração do set-point de temperatura dos sistemas de climatização em edifícios de Comércio e Serviços. Os resultados obtidos são baseados em edifícios hipotéticos onde foram adotadas soluções tipificadas e metodologias de acordo com o definido na regulamentação aplicável ao SCE. A variação da temperatura adotada nas simulações efetuadas foi $-2^{\circ}\text{C}/+2^{\circ}\text{C}$ em aquecimento/arrefecimento para um regime base de temperatura interior no intervalo 20°C a 25°C .

O quadro a seguir apresenta o resumo dos valores obtidos:

Distrito Lisboa Classificação Energética	Área média [m ²] / edifício	Consumo climatização [kWh/ano]		Redução	Consumo total edifício [kWh/ano]		Redução	Redução [kWh/ano.m ²]
		[20,25] °C	[18,27] °C		[20,25] °C	[18,27] °C		
A+	897	6 280	3 710	41%	28 915	26 345	9%	2,87
A	1710	10 765	6 235	42%	58 285	53 755	8%	2,65
B	720	8 223	4 844	41%	31 254	27 875	11%	4,69
B -	888	13 391	7 738	42%	47 676	42 023	12%	6,37
C	540	11 548	6 216	46%	41 097	35 765	13%	9,87
D	450	15 702	8 593	45%	43 227	36 118	16%	15,80
E	200	13 396	7 755	42%	25 621	19 980	22%	28,21
F	160	38 321	24 034	37%	48 117	33 830	30%	89,29

Tabela 68 – Resumo dos valores obtidos – redução resultado da alteração dos set-point

A primeira nota vai para a percentagem de redução de consumo com sistemas de climatização. Os valores de redução variam entre 37% e 46%, sendo a média de 42 %.

O gráfico seguinte apresenta a redução do consumo por alteração dos **set-points** das temperaturas interiores:

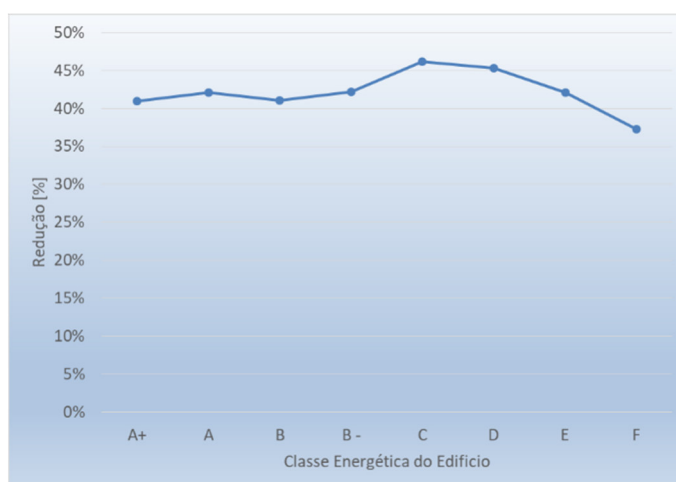


Figura 27 – Redução de consumo com climatização por Classe Energética, por alteração dos set-point

É possível também verificar que esta percentagem é mais ou menos independente do comportamento térmico do edifício. Fica patente que a redução é semelhante em qualquer

Classe Energética sendo, portanto, a redução, em percentagem, intrínseca à variação da temperatura imposta, que foi a mesma em qualquer dos casos.

No que toca à redução de consumo energia total, já é possível verificar variações significativas em função da Classe Energética do edifício que estiver a ser analisado, conforme expresso no gráfico a seguir:



Figura 28 - Redução de consumo global do edifício por Classe Energética, por alteração dos set-point

É possível observar variações percentuais de consumo de energia inferiores a 10% nas Classes Energéticas mais elevadas, até 30% na Classe Energética inferior.

Na prática a alteração da definição da temperatura de funcionamento dos sistemas de climatização introduz alterações significativas em qualquer dos casos, contudo em edifícios menos eficientes a percentagem de energia consumida em climatização é muito superior, resultando em poupanças mais expressivas aquando da alteração das temperaturas de funcionamento. Para melhor ilustrar o referido recordemos os 80% de energia consumida com climatização em edifícios de classificação F ou até mesmo os 52% em edifícios de classificação E.

Em respeito à redução de consumo específico, por m² de área, pertencente a determinada Classe Energética o resultado é o seguinte:

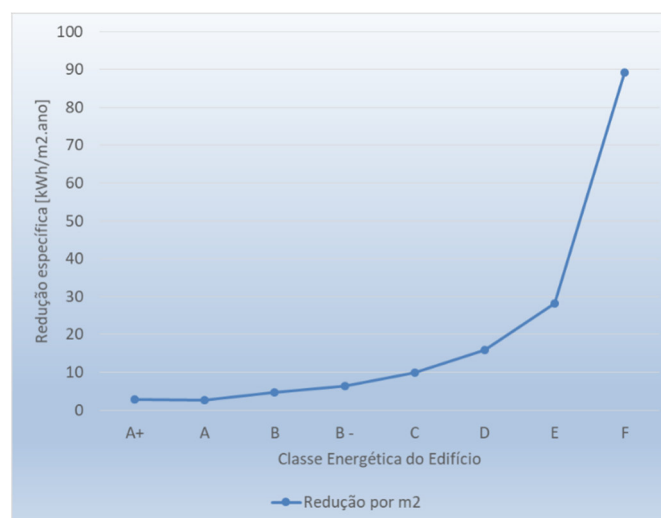


Figura 29 – Redução de consumo por unidade de área

O resultado obtido indica que o potencial de redução por m² é muito superior nas classes mais baixas e menos relevante em classes de eficiência mais altas. Acontece que esse potencial de poupança está diretamente ligado à área de edificado englobado na mesma classificação.

Afetando então a redução específica pela área classificada, obtém-se a potencial de economia de energia global em cada Classe Energética, conforme indicado no gráfico seguinte:

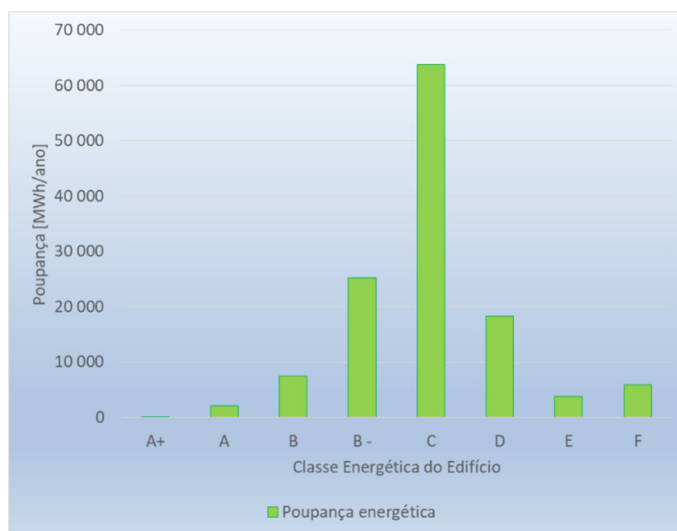


Figura 30 – Redução de consumo por unidade de área

Então é possível observar que a grande fatia de redução no consumo está na Classe Energética C, com 50% do potencial de redução, seguida por B- e D, que no conjunto totalizam 85% de toda a redução de consumo expectável.

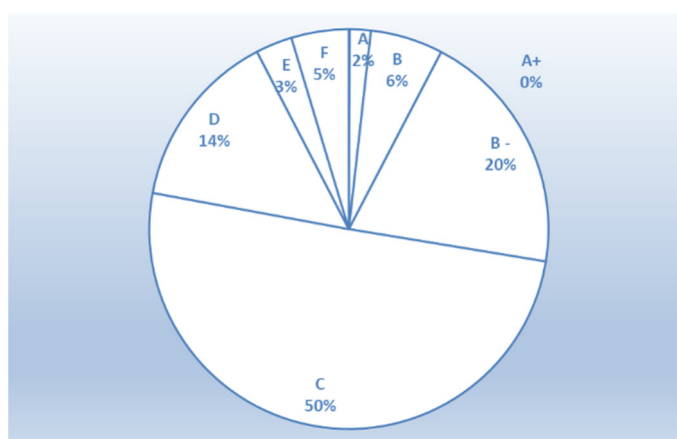


Figura 31 – Potencial de poupança por Classe Energética

Olhemos agora para o assunto da perspetiva económica. De acordo com dados da DGEG, o preço médio ponderado da energia elétrica no ano de 2022 foi de 130 €/MWh. Com base neste valor estima-se a poupança no consumidor final cujo montante acumulado é superior a 16M€, um valor muito relevante.

A tabela seguinte apresenta a distribuição dos resultados:

Distrito Lisboa Classificação Energética	Total edifícios	Área total [m ²]	Poupança total [MWh/ano]	Poupança [€/ano] @130€/MWh
A+	37	33 189	95	12 362
A	474	810 540	2 147	279 139
B	2206	1 588 320	7 454	969 030
B -	4466	3 965 808	25 246	3 282 019
C	11949	6 452 460	63 712	8 282 569
D	2579	1 160 550	18 334	2 383 434
E	667	133 400	3 763	489 131
F	412	65 920	5 886	765 212
TOTAL			126 638 [MWh/ano]	16 462 895 €/ano

Tabela 69 - Resumo dos valores obtidos - poupança

Traduzindo a redução de consumo de eletricidade em redução de emissões obtemos um valor igualmente considerável, superior a **45 000 tonCO₂**.

❖ Face ao descrito é possível constatar que:

- A definição adequada das temperaturas dos espaços interiores e de funcionamento dos sistemas técnicos de climatização em edifícios deve ser alvo de especial atenção pelos proprietários e entidades exploradoras pois este aspeto tem grande influência no conforto dos ocupantes e também no consumo dos próprios sistemas e do edifício na globalidade;
- Em edifícios energeticamente pouco eficientes os consumos dos sistemas de climatização podem ultrapassar 50% do consumo global do edifício, o que reforça a necessidade de atenção ao ponto anterior;
- A definição da temperatura de funcionamento dos sistemas tem impacto semelhante, em termos percentuais, no consumo do edifício independentemente da sua classificação energética.
- O impacto da definição da temperatura vai perdendo expressão no consumo global de energia do edifício à medida que avançamos para edifícios com classificação energética mais elevada, uma vez que o peso do consumo dos sistemas de climatização é menor;
- Numa observação mais abrangente da redução do consumo, verifica-se que o maior potencial de poupança se encontra concentrado nas Classes Energéticas D, C e B-, por se tratarem das categorias que englobam maior quantidade de edifícios e maior área;
- Além dos benefícios materiais há que referir também os benefícios ambientais, que fica claro serem de grande dimensão;

Fica assim evidenciado o potencial benefício económico e ambiental presente em edifícios de comércio e serviços. A importância de ter sistemas de climatização bem dimensionados, bem instalados, bem mantidos e com parâmetros de funcionamento bem ajustados é fundamental face ao impacto destes sistemas nos consumos de energia nesta tipologia de edifícios.

7.2. Trabalhos futuros

As várias aproximações que serviram de base a este trabalho deixam margem para seja possível dar-lhe continuidade.

Desde logo será possível alargar a análise a outros distritos além do distrito de Lisboa que foi considerado, recorrendo preferencialmente a localizações com classificação climática diferente.

Será também possível acrescentar mais detalhe à análise considerando outros tipos de sistemas de climatização, baseadas noutros sistemas e outros tipos de combustível, nomeadamente gás ou gasóleo de aquecimento.

As conclusões poderão ser úteis, por exemplo, com vista a uma orientação mais fina das medidas de eficiência energética e dos incentivos à melhoria da eficiência energética dos edifícios. Muitos programas de melhoria que têm sido publicados são alheios à classificação energética do edifício, sem qualquer referência à zona climática e sem considerar os sistemas atualmente instalados. A título de exemplo o programa de incentivo à troca direta de equipamentos para a mesma função [37].

Esta análise poderá servir de apoio à definição dos programas traduzindo-se numa melhoria mais efetiva do desempenho dos edifícios e numa aplicação mais eficaz dos fundos contribuindo assim para a redução das emissões dos edifícios tão necessária para a descarbonização do setor dos edifícios.

Referências Bibliográficas

- [1] Diário da República, 1.^a série — N.º 67. Decreto-lei n.º 80/2006 de 4 de abril. pp. 2468-2513
- [2] Diário da República, 1.^a série — N.º 31. Decreto-lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro.
- [3] Diário da República, 1.^a série -A— N.º 105. Decreto-lei n.º 118/1998 de 7 de maio.
- [4] P. Vaquero. Buildings Energy Certification System in Portugal: Ten years later. Energy Reports 2020. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235248471930472X>
- [5] Agência para a Energia, [Online]. URL <https://www.sce.pt/legislacao/>
- [6] Direção Geral de Energia e Geologia, Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios [Online]. URL <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>
- [7] Direção Geral de Energia e Geologia, Balanço Energético Nacional 2020 [Online]. URL <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/balancos-energeticos/balancos-energeticos-nacionais/>
- [8] Direção Geral de Energia e Geologia, [Online]. URL <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- [9] Agência Portuguesa do Ambiente, [Online]. URL <https://apambiente.pt/clima/acordo-de-paris>
- [10] Parlamento Europeu, [Online]. URL https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20191115STO66603/ue-e-acordo-de-paris-a-caminho-da-neutralidade-carbonica?at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=DSA&at_goal=TR_G&at_audience=&at_topic=Climate_policies&gclid=EAIaIQobChMIzYabgKGOGQMvPJRoCR1X5AeHEAAYASAAEgIjxPD_BwE

- [11] Jornal Público - Nem muito fresco nem muito quente: Itália quer limitar ar condicionado para reduzir dependência da Rússia, [Online]. URL <https://www.publico.pt/2022/04/20/mundo/noticia/fresco-quente-italia-quer-limitar-ar-condicionado-reduzir-dependencia-russia-2003201>
- [12] Jornal Diário de Notícias - Espanha limita ar condicionado para economizar energia, [Online]. URL <https://www.dn.pt/internacional/espanha-limita-ar-condicionado-para-economizar-energia-14891357.html>
- [13] TNews - Da Alemanha a Portugal: países europeus põem planos de poupança de energia em marcha, [Online]. URL <https://tnews.pt/da-alemanha-a-portugal-paises-europeus-poem-planos-de-poupanca-de-energia-em-marcha/>
- [14] Direção Geral de Energia e Geologia, [Online]. URL <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/resultados-de-supervisao-e-fiscalizacao/>
- [15] Agência para a Energia, [Online]. URL <https://www.adene.pt/a-adene/>
- [16] Sistema de Certificação Energética, Institucional [Online]. URL <https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/institucional/>
- [17] European Commission - Energy efficient buildings, [Online]. URL https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator_en
- [18] Diário da República, 2.^a série — N.º 126. Despacho n.º 6476-H/2021 de 1 de julho. pp. 330-(66) - 330-(316)
- [19] Lee, Sang Soo, (1998) "Empirical validation of building energy simulation software:DOE2.E, HAP and TRACE". Retrospective Theses and Dissertations. 12584. [Online]. URL <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/12584>
- [20] Zaphar S., Sheworke T., (2018) "Computer Program for Cooling Load Estimation and Comparative Analysis with Hourly Analysis Program (HAP) *Software*". International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science, Volume VII, Issue VI

- [21] Pegues, J., ASHRAE Transactions; Atlanta, Carrier HAP and the Evolution of Energy Modeling Tools Vol. 126, (2020): 644-650.
- [22] Shira A., Dorri A., Bidaj F., (2020) “Energy Consumption Evaluation Of The Heating Ventilation Air Condition Through Hourly Analysis Program *Software*”. International Scientific Journals of Scientific Technical Union of Mechanical Engineering "Industry 4.0". Vol. 5 , Issue 1, pg(s) 27-28
- [23] Data.ashrae.org, [Online]. URL
<https://data.ashrae.org/standard140/index.html>
- [24] Carrier.com, [Online]. URL
<https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/>
- [25] Mohammed, A.; Tariq, M.A.U.R.; Ng, A.W.M.; Zaheer, Z.; Sadeq, S.; Mohammed, M., Mehdizadeh-Rad, H., (2022) “Reducing the Cooling Loads of Buildings Using Shading Devices: A Case Study in Darwin”. MDPI Journal Sustainability, 14, 3775
- [26] Issah M., Moamin A., Hanan T., (2019) “Passive Heating and Cooling Potential Strategies: A Comparison between Moderate Summers and Warm Winters Climate Zones”. Journal of Physics: Conf. Series 1276
- [27] Ahmed I., Umer J., Altamimi A., Rana A.R.K., Khan Z.A., Imran, M., Awais, M., Alyami S. (2023) “A Critical Analysis of the Energy Requirements of a Commercial Building Based on Various Types of Glass Insulations”. MDPI Journal Sustainability, 15, 2998.
- [28] Hafiz Zafar Sharif, A.M. Leman, Aissa Nasser Krizou3, Mohammad Tala't Ahmed Al-Tarawne, Muthuraman Subbiah, Muna AL-Farsi, (2020) “Analysis Of Nearly Zero Energy Residential Building In Muscat”. Journal of Thermal Engineering, Vol. 6, No. 3, pp. 346-358
- [29] Diário da República, 1.^a série — N.º 237. Decreto-lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro. pp. 7-(21) - 7-(45)
- [30] Diário da República, 2.^a série — N.º 234. Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. pp. 35088-(26) - 735088-(31)
- [31] Diário da República, 1.^a série — N.º 126. Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho. pp. 128-(12) - 128-(53)
- [32] Diário da República, 2.^a série — N.º 126. Despacho n.º 6476-E/2021 de 1 de julho.

- [33] Sistema de Certificação Energética, Estatísticas [Online]. URL
<https://www.sce.pt/estatisticas/>
- [34] Jornal Oficial das Comunidades Europeias, [Online]. URL
<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- [35] ADENE, DGEG. Energia em Números – Edição 2023, [Online]. URL
<https://www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/energia-em-numeros-edicao-2023/>
- [36] DGEG. Balanço energético nacional –2021, [Online]. URL
<https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/balancos-energeticos/balancos-energeticos-nacionais/>
- [37] Trocadelcaldeiras.pt, [Online]. URL
https://www.trocadelcaldeiras.pt/?gclid=EAIaIQobChMIvNn3lNn8gAMVoohoCR2ILgo8EAAYAiAAEgIlcvD_BwE
- [38] Goldenergy, [Online]. URL
<https://goldenergy.pt/glossario/>
- [39] ASHRAE, [Online]. URL
<https://www.ashrae.org/>
- [40] Diário da República, 1.ª série — N.º 67. Decreto-lei n.º 78/2006 de 4 de abril. pp. 2411-2415
- [41] Diário da República, 1.ª série — N.º 67. Decreto-lei n.º 79/2006 de 4 de abril. pp. 2416-2468
- [42] Diário da República, 1.ª série — N.º 159. Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. pp. 4988-5005
- [43] Diário da República, 1.ª série — N.º 225. Decreto-lei n.º 102/2021 de 19 de novembro. pp. 6-15

Apêndice A

A.1 Relatório do Sistema Solar Fotovoltaico

PVSYST V6.88

(Portugal)

17/08/23

Página 1/6

Sistema acoplado à rede: Parâmetros da simulação

Projeto :EdifícioA+(Lisboa)

Localização geográficaGrande LisboaPaísPortugal

LocalizaçãoLatitude38.76° NLongitude-9.14° W

Tempo definido comoTempo legalFuso horário TUAltitude109 m

Albedo0.20

Dados meteorológicos:Grande LisboaMeteonorm 7.2 (1991-2010) - Sintético

Variante da simulação :V0_6 kW

Data da simulação17/08/23 09h37

Parâmetros da simulação

Tipo de sistemaNo 3D scene defined, no shadings

2 orientaçõesinclin/azimutes10°/-90° e 10°/90°

Modelos utilizadosTransposiçãoPerezDifusoPerez, Meteonorm

HorizonteAltura média1.2°

Sombras próximasSem sombras

Exigências do consumidor :perfil diárioConstantes ao longo do ano

média90 kWh/Dia

	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
Hourly load	1.10	1.20	1.30	1.40	1.40	1.40	1.50	1.50	4.00	8.20	7.70	7.60	kW
	4.00	4.00	7.50	7.60	7.60	7.70	7.80	1.50	0.90	1.00	1.00	1.10	kW

Características do grupo FV

Módulo FV

Original PVsyst database

Número de módulos FV

Número total de módulos FV

Potência global do grupo

Características de funcionamento do grupo (50°C)

Superfície total

Si-mono

Modelo

Fabricante

Em série

Nr. módulos

Nominal (STC)

Ump

Superfície módulos

LR6-72 HIH 385 M

Longi Solar

4 módulos

16

6.16 kWp

146 V

31.9 m²

Em paralelo

Potência unitária

Em condições de func.

I mpp

Superfície célula

4 strings

385 Wp

5.59 kWp (50°C)

38 A

28.2 m²

Inversor

Original PVsyst database

Características

Modelo

Fabricante

Tensão de funcionamento

SUN2000L-3KTL

Huawei Technologies

90-500 V

Potência unitária

Potência máx. (= >40°C)

3.00 kWac

3.30 kWac

Bateria de inversores

N.º de inversores

4 * MPPT 50 %

Potência total

Rácio Pnom

6.0 kWac

1.03

Fatores de perda do grupo FV

Perdas sujidade grupo

Fator de perdas térm.

Perdas ôhmicas nos cabos

Perdas de qualidade dos módulos

Perdas de módulos com mismatch

Perdas de strings com mismatch

Efeito de incidência (IAM): Perfil personalizado

Uc (const.)

Res. global do grupo

20.0 W/m²K

63 mOhm

Fração perdas

Uv (vento)

Fração perdas

Fração perdas

Fração perdas

Fração perdas

3.0 %

0.0 W/m²K / m/s

1.5 % em STC

-0.4 %

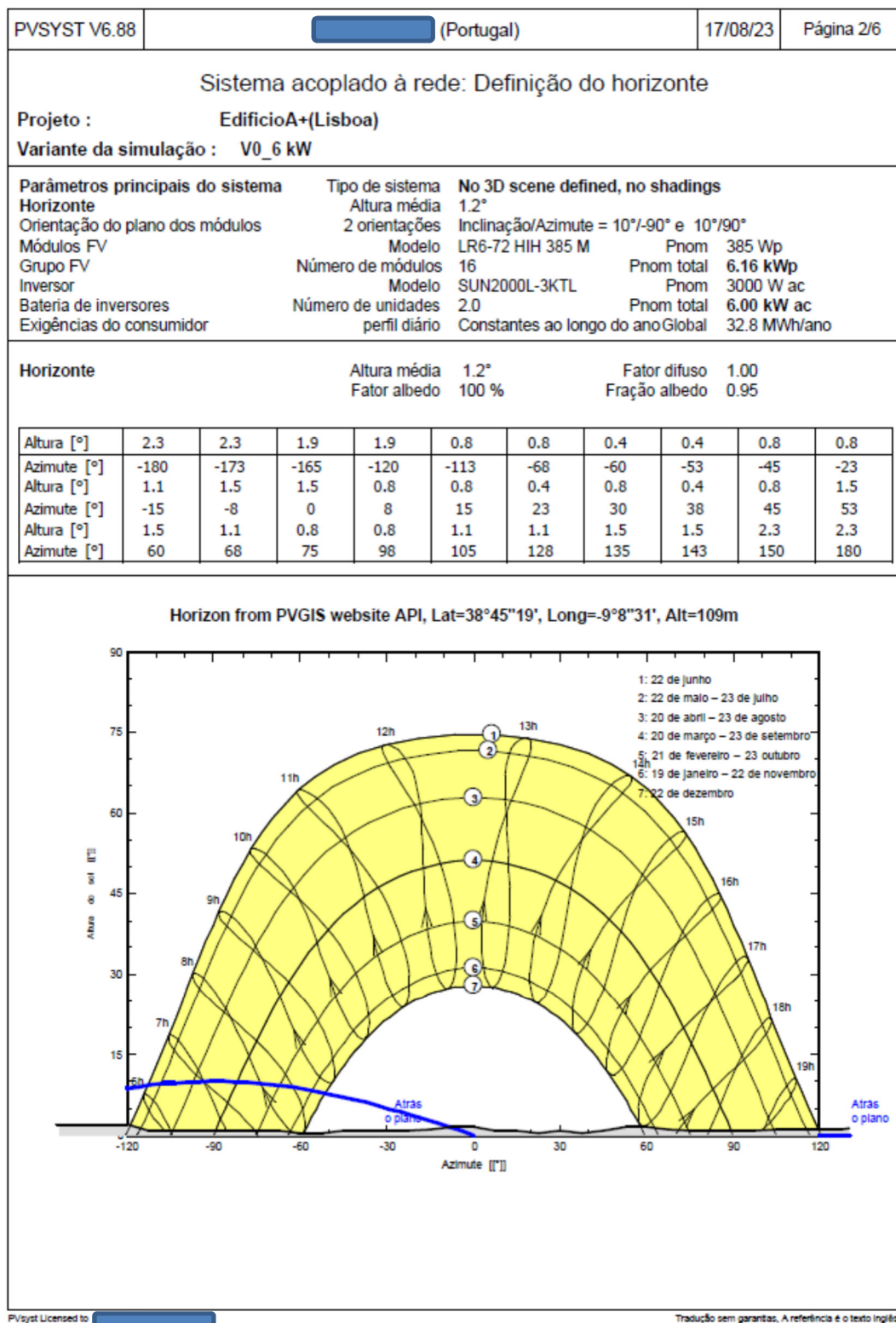
1.0 % no MPP

0.10 %

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

PVsyet Licensed to

Tradução sem garantias. A referência é o texto inglês.



Sistema acoplado à rede: Exigências do consumidor detalhadas

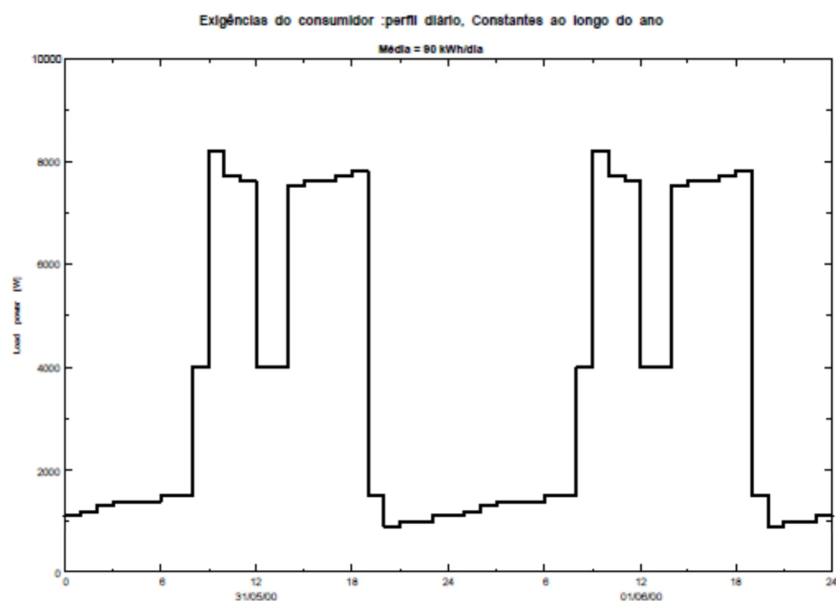
Projeto : EdifícioA+(Lisboa)

Variante da simulação : V0_6 kW

Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	No 3D scene defined, no shadings	
Horizonte	Altura média	1.2°	
Orientação do plano dos módulos	2 orientações	Inclinação/Azimute = 10°/-90° e 10°/90°	
Módulos FV	Modelo	LR6-72 HIH 385 M	Pnom 385 Wp
Grupo FV	Número de módulos	16	Pnom total 6.16 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000L-3KTL	Pnom 3000 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	2.0	Pnom total 6.00 kW ac
Exigências do consumidor	perfil diário	Constantes ao longo do ano	Global 32.8 MWh/ano

perfil diário, Constantes ao longo do ano, média = 90 kWh/dia

	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
Hourly load	1.10	1.20	1.30	1.40	1.40	1.40	1.50	1.50	4.00	8.20	7.70	7.60	kW
	4.00	4.00	7.50	7.60	7.60	7.70	7.80	1.50	0.90	1.00	1.00	1.10	kW



Sistema acoplado à rede: Resultados principais

Projeto : EdificioA+(Lisboa)

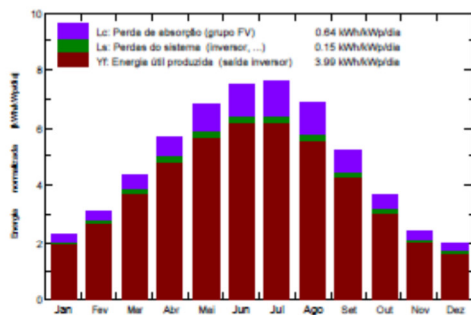
Variante da simulação : V0 6 kW

Parâmetros principais do sistema	Tipo de sistema	No 3D scene defined, no shadings		
Horizonte	Altura média	1.2°		
Orientação do plano dos módulos	2 orientações	Inclinação/Azimute = 10°/-90° e 10°/90°		
Módulos FV	Modelo	LR6-72 HIH 385 M	Pnom	385 Wp
Grupo FV	Número de módulos	16	Pnom total	6.16 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000L-3KTL	Pnom	3000 W ac
Bateria de inversores	Número de unidades	2.0	Pnom total	6.00 kW ac
Exigências do consumidor	perfil diário	Constantes ao longo do ano Global 32.8 MWh/ano		

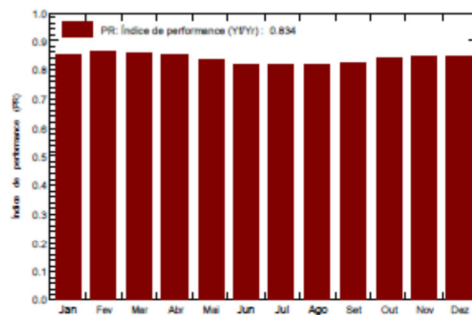
Resultados principais da simulação

Produção do sistema	Energia produzida	8.98 MWh/ano	Prod. específica	1458 kWh/kWp/ano
	Índice de performance (PR)	83.42 %	Fração solar	26.94 %

Produções normalizadas (por kWp Instalado): Potência nominal 6.16 kWp



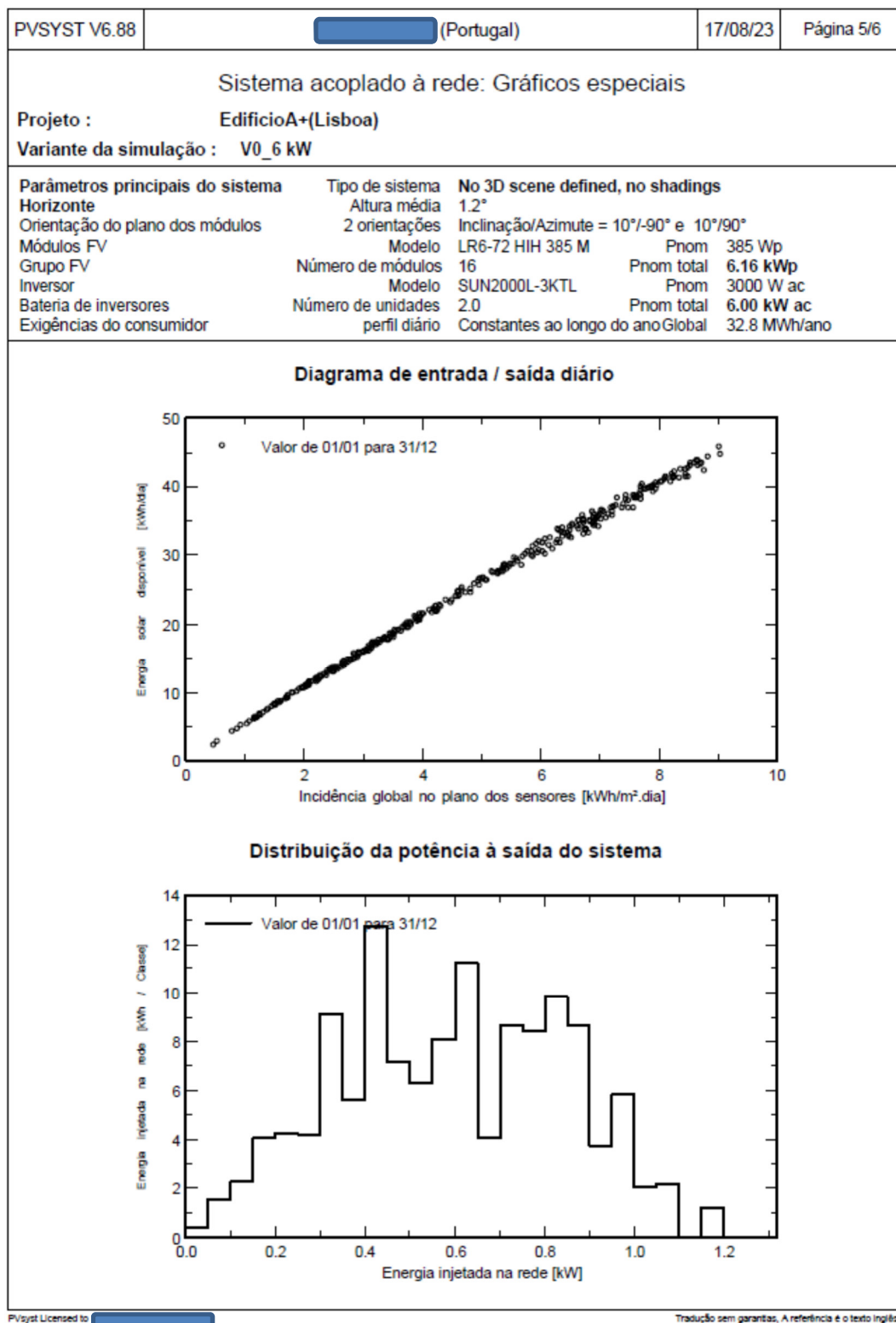
Indice de performance (PR)

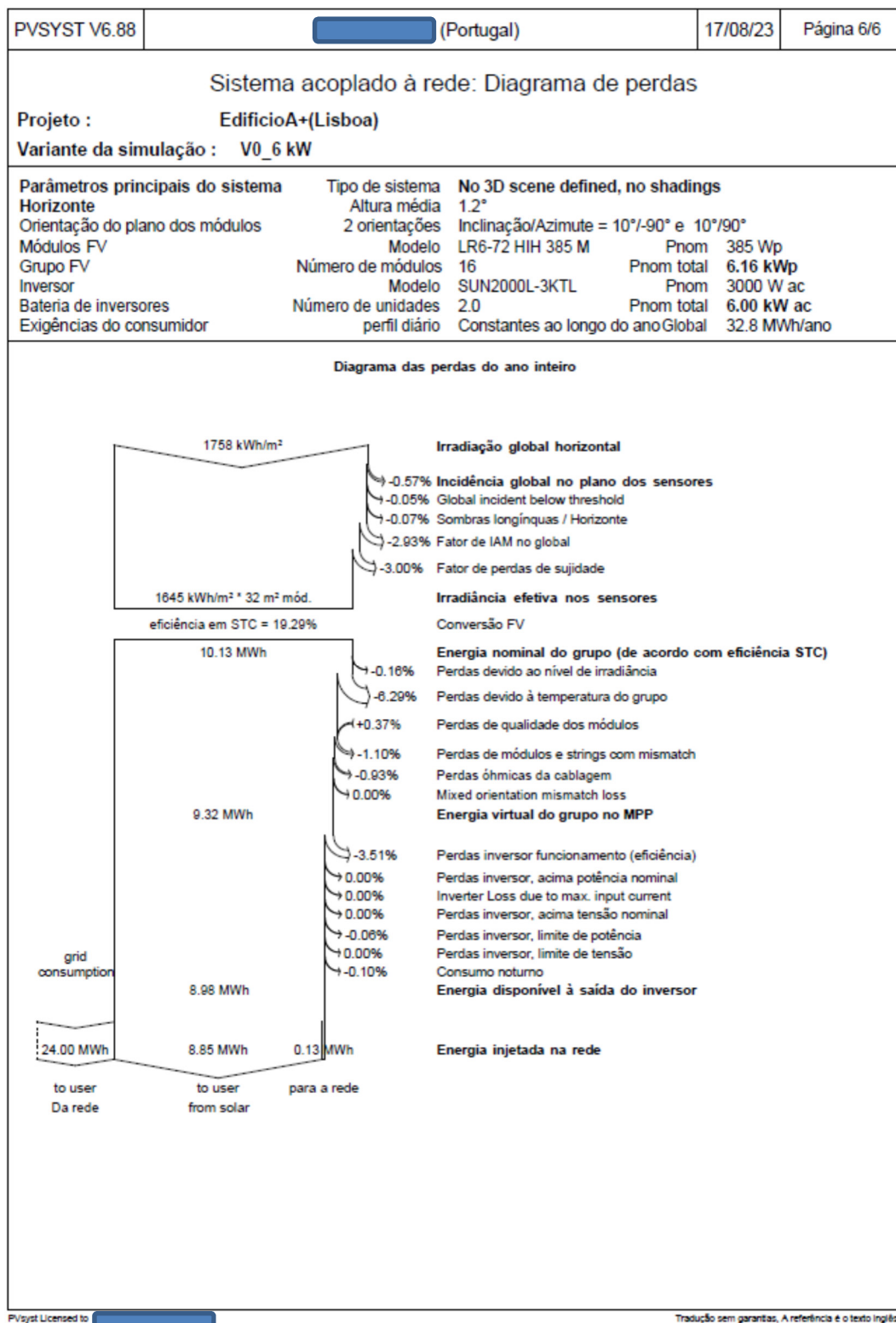


V0_6 kW

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh
Janeiro	71.0	27.04	10.96	70.8	64.8	0.390	2.790	0.371	0.000	2.419
Fevereiro	87.9	37.39	11.82	87.5	81.4	0.485	2.520	0.465	0.000	2.055
Março	136.5	53.48	13.96	135.7	127.5	0.744	2.790	0.715	0.001	2.075
Abril	170.9	67.43	14.70	170.1	160.5	0.925	2.700	0.882	0.011	1.818
Maiο	211.9	72.84	17.54	210.3	199.1	1.119	2.790	1.055	0.027	1.735
Junho	227.1	67.44	20.71	225.5	213.8	1.179	2.700	1.103	0.036	1.597
Julho	236.7	60.70	22.02	235.0	223.0	1.219	2.790	1.145	0.034	1.645
Agosto	213.0	57.49	22.83	211.9	200.9	1.102	2.790	1.046	0.019	1.744
Setembro	157.4	50.48	20.94	156.4	147.5	0.826	2.700	0.794	0.003	1.906
Outubro	113.4	45.51	18.24	113.0	105.4	0.611	2.790	0.586	0.000	2.204
Novembro	72.6	29.29	13.76	72.1	66.3	0.395	2.700	0.376	0.000	2.324
Dezembro	59.6	28.72	11.41	59.6	54.3	0.328	2.790	0.310	0.000	2.480
Ano	1757.9	597.81	16.60	1747.8	1644.6	9.323	32.850	8.850	0.132	24.000

Legendas:	GlobHor	Irradiação global horizontal	GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras
	DiffHor	Irradiação difusa horizontal	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
	T_Amb	T amb.	E_User	Energia fornecida ao consumidor
	GlobInc	Incidência global no plano dos sensores	E_Solar	Energy from the sun
			E_Grid	Energia injetada na rede





A.2 Relatório da simulação A+

Energy Budget by System Component - Lisboa	
(A+) Previsto-Lisboa_V01	08/16/2023 03:39

1. Annual Coil Loads

Component	Load (kWh)	(kWh/m ²)
Cooling Coil Loads	24 169	26,945
Heating Coil Loads	13 284	14,809
Grand Total	37 453	41,754

2. Energy Consumption by System Component

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m ²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m ²)
Air System Fans	1 018	1,135	3 636	4,053
Cooling	3 343	3,727	11 940	13,311
Heating	2 937	3,274	10 489	11,694
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
HVAC Sub-Total	7 298	8,136	26 066	29,059
Lights	8 212	9,155	29 329	32,696
Electric Equipment	13 405	14,944	47 874	53,372
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
Non-HVAC Sub-Total	21 617	24,099	77 203	86,068
Grand Total	28 915	32,236	103 269	115,127

Notes:

1. 'Cooling Coil Loads' is the sum of all air system cooling coil loads.
2. 'Heating Coil Loads' is the sum of all air system heating coil loads.
3. Site Energy is the actual energy consumed.
4. Source Energy is the site energy divided by the electric generating efficiency (28,0%).
5. Source Energy for fuels equals the site energy value.
6. Energy per unit floor area is based on the gross building floor area.
 Gross Floor Area 897,0 m²
 Conditioned Floor Area 897,0 m²

Monthly Energy Use by Energy Type - Lisboa		
(A+) Previsto-Lisboa_V01		08/16/2023
Eneolica		03:39

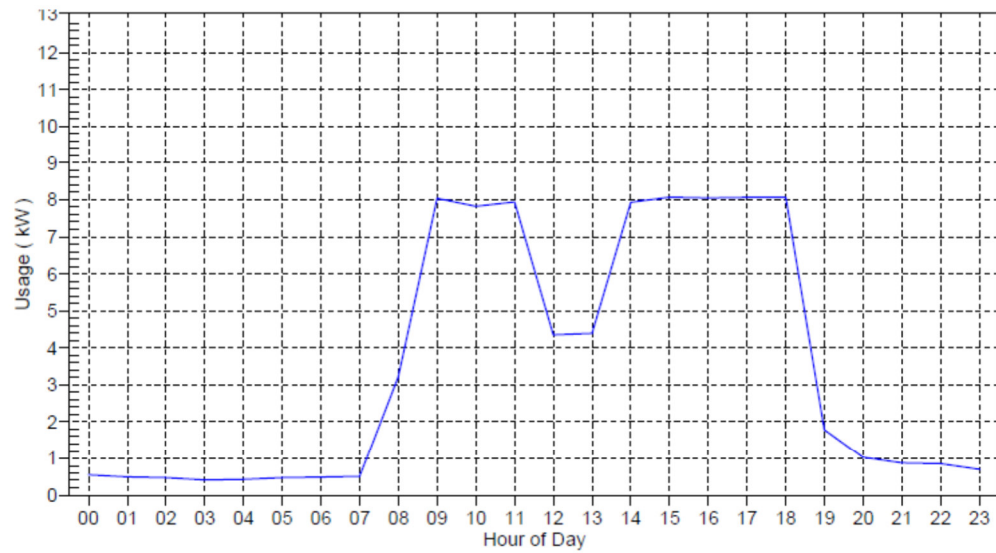
1. HVAC Energy Use

Month	Electric (kWh)	Natural Gas (na)	Fuel Oil (na)	Propane (na)	Remote HW (na)	Remote Steam (na)	Remote CW (na)
Jan	815	0	0	0	0	0	0
Feb	592	0	0	0	0	0	0
Mar	395	0	0	0	0	0	0
Apr	323	0	0	0	0	0	0
May	306	0	0	0	0	0	0
Jun	578	0	0	0	0	0	0
Jul	1 065	0	0	0	0	0	0
Aug	1 038	0	0	0	0	0	0
Sep	724	0	0	0	0	0	0
Oct	277	0	0	0	0	0	0
Nov	466	0	0	0	0	0	0
Dec	718	0	0	0	0	0	0
Totals	7 299	0	0	0	0	0	0

2. Non-HVAC Energy Use

Month	Electric (kWh)	Natural Gas (na)	Fuel Oil (na)	Propane (na)	Remote HW (na)	Remote Steam (na)
Jan	1 801	0	0	0	0	0
Feb	1 658	0	0	0	0	0
Mar	1 861	0	0	0	0	0
Apr	1 793	0	0	0	0	0
May	1 801	0	0	0	0	0
Jun	1 793	0	0	0	0	0
Jul	1 801	0	0	0	0	0
Aug	1 861	0	0	0	0	0
Sep	1 793	0	0	0	0	0
Oct	1 801	0	0	0	0	0
Nov	1 793	0	0	0	0	0
Dec	1 861	0	0	0	0	0
Totals	21 618	0	0	0	0	0

Electric Use Profiles - Wednesday, June 1 (day 152) thru Wednesday, June 1 (day 152)



Definições

Área útil de pavimento	Somatório das áreas de pavimento, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício, com ocupação atual ou prevista e com necessidades de energia atuais ou previstas associadas ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto humano;
Consumo tipo S Edifício	Consumos de energia para os usos regulados do edifício Construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à utilização humana e com vista a propiciar condições de conforto térmico
Edifício de comércio e serviços	O edifício, ou parte, licenciado ou que seja previsto licenciar para utilização em atividades de comércio, serviços ou similares;
Edifício de referência	O edifício que é comparado com o edifício previsto para determinação da classe energética, dotado de soluções de referência para elementos da envolvente e sistemas técnicos, e que não considera fontes de energia renovável;
Edifício previsto	O edifício considerado para a determinação do consumo anual de energia primária, tendo em conta as suas características geométricas, construtivas e sistemas técnicos;
Energia final	A energia consumida pelos sistemas técnicos;
Energia primária	A energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis não transformada ou convertida;
Energia útil	A energia necessária para suprir as necessidades do edifício, não considerando a eficiência dos respetivos sistemas;
Envolvente	Conjunto dos elementos de um edifício que separam o seu espaço interior útil, dos espaços não úteis do exterior, do solo e de outros edifícios
Espaço não útil	O espaço sem ocupação humana permanente atual ou prevista, e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto térmico
Espaço útil	O espaço com condições de referência, que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõe aquecido ou arrefecido de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico
Grande Edifício de Comércio e Serviços	O edifício de comércio e serviços cuja área útil de pavimento, não considerando os espaços interiores não úteis, iguala ou ultrapassa 1000 m ² , ou 500 m ² no caso de conjuntos comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas
Zona térmica	O espaço ou conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto devido às suas similaridades

Siglas e acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQ	Água quente
AQP	Água quente de piscinas
AQS	Água Quente Sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
CDSM	Cálculo dinâmico simplificado monozona
CE	Certificado Energético
COP	Coeficiente de desempenho
DEE	Desempenho energético do edifício
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DGS	Direção-Geral da Saúde
EER	Rácio de Eficiência Energética
EPW	Extensão EnergyPlus Weather
GES	Grande edifício de comércio e serviços
HAP	Hourly Analysis Program, <i>software</i> de simulação dinâmica desenvolvido pela Carrier
IEE	Indicador de Eficiência Energética
IGAMAOT	Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
PCE	Pré-Certificado Energético
PQ	Perito qualificado
PTP	Ponte térmica plana
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RCESE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RIEE	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços
SACE	Sistemas de Automatização e Controlo do Edifício
SCE	Sistema de certificação energética dos edifícios
SDM	Simulação dinâmica multizona
SPF	Potência Específica do Ventilador
SRI	Smart Readiness Indicator
tonCO ₂	Toneladas de Dióxido de Carbono
VRF	Volume de Refrigerante Variável
XPS	Poliestireno Extrudido

Simbologia

Simbolos	Significado	Unidade
Bztu	Coeficiente de Redução de Perdas	
gtot	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados	
IEEpr,ren	Indicador de eficiência energética previsto renovável;	kWhEP/(m2.ano)
IEEpr,S	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S;	kWhEP/(m2.ano)
IEEpr,T	Indicador de eficiência energética previsto do tipo T;	kWhEP/(m2.ano)
IEEref,S	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S;	kWhEP/(m2.ano)
In	Zona climática inverno	
U	Coeficiente de transmissão térmica	W/(m2.°C)
Vn	Zona climática verão	
z	Altitude do edifício	km