



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sérgio Gabriel Costa Castro

**Análise de soluções energéticas na reabilitação de
um GES**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Sérgio Gabriel Costa Castro

Análise de soluções energéticas na reabilitação de um GES

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Área de especialização em Tecnologias Energéticas e Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial

CC BY-NC

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

AGRADECIMENTOS

No decorrer do meu percurso académico, ao longo de todas as etapas e obstáculos ultrapassados, foram várias as pessoas que me ajudaram e motivaram, sendo por isso necessário expressar o meu agradecimento especial.

A toda a minha família, especialmente aos meus pais, aos meus avós e à minha tia Lurdes, por todo o apoio, força motivacional para nunca desistir nos momentos mais difíceis e sobretudo pelos ensinamentos que me deram, que levo para a vida.

À minha namorada, por todos os momentos, pela paciência, compreensão, ajuda e incentivo ao longo de todo o meu percurso académico, essenciais para a conclusão do mesmo.

À empresa Tykhe pela oportunidade de realizar este projeto no seio da empresa, por todo o conhecimento fornecido e pela disponibilização de todas as condições para a realização deste projeto.

Ao meu orientador, Professor Pedro Lobarinhas, pela disponibilidade, pelas várias reuniões de acompanhamento e por todo o conhecimento transmitido, vital para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas de curso, o Carlos e Pedro, e aos meus colegas de estágio, o Gonçalo e o Hélder pela ajuda, companheirismo e entreaajuda demonstrada.

A todos, colegas, docentes, amigos e conhecidos que de uma forma ou de outra auxiliaram ao longo do meu percurso académico e ao desenvolvimento deste trabalho.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

A otimização dos sistemas técnicos dos edifícios, tanto de habitação como de comércio e serviços, são indispensáveis para alcançar os objetivos definidos pela União Europeia no que diz respeito à neutralidade carbónica. Atualmente na Europa, 75 % dos edifícios não são eficientes do ponto de vista energético, isto devido ao facto de a sua construção, na grande maioria dos casos ser anterior à entrada em vigor da diretiva europeia EPBD. Deste modo, as renovações e requalificações de edifícios existentes, são oportunidades para melhorar o desempenho energético destes e com isso obter ganhos ambientais, sociais e económicos levando a poupanças energéticas e redução de emissões.

Desta feita, no âmbito da dissertação em engenharia mecânica, surgiu a oportunidade de desenvolver um projeto em que o objetivo primário é explorar soluções para a preparação das AQS na reabilitação de um edifício, mais concretamente, na transformação de um edifício bancário do Millennium BCP em um hotel de 4 estrelas. O projeto desenvolvido teve lugar na empresa Tykhe, sediada em Braga, que desempenha vários serviços de engenharia, principalmente na área de AVAC.

Assim sendo, inicialmente realizou-se uma estudo inicial, com o objetivo de aferir se o edifício se encontra regulamentar, e ao mesmo tempo caracterizar os espaços interiores, a zona climática, as soluções construtivas adotadas, os caudais de ar novo e os sistemas de iluminação. Posteriormente, foi lançado no HAP o edifício e determinadas as cargas térmicas, o que permitiu a seleção dos equipamentos de climatização. Novamente utilizando o HAP, foi atualizado o ficheiro com os sistemas de climatização e simulado o edifício, sendo obtidos os consumos energéticos do mesmo.

A tarefa seguinte consistiu na definição do sistema de geração de AQS, em que numa primeira fase foram determinados os perfis de consumo, o que permitiu determinar uma potência térmica necessária de 49.40 kW , sendo assim idealizadas duas soluções: bomba de calor e painéis solares híbridos (Solução 1) e caldeira a gás natural e painéis solares térmicos (Solução 2). Constatou-se de seguida que a solução 1 confere maiores proveitos económicos e ambientais, porém a classe energética do edifício com ambas as soluções é B^- .

Por fim, foi analisada uma medida de melhoria que consistiu na instalação de 117 painéis fotovoltaicos verticais na fachada sudeste do edifício, o que articulando com as duas soluções de AQS leva a uma alteração da classe energética do edifício com a solução 1 para B .

PALAVRAS-CHAVE

ÁGUA QUENTE SANITÁRIA, CONSUMO ENERGÉTICO; POUPANÇA; CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

ABSTRACT

The optimization of technical systems in buildings, both residential and commercial, is essential to achieve the goals set by the European Union regarding carbon neutrality. Currently, in Europe, 75 % of buildings are not energy-efficient, mainly due to their construction predating the implementation of the European EPBD directive. Therefore, renovations and requalification of existing buildings present opportunities to improve their energy performance, resulting in environmental, social and economic benefits, including energy savings and emission reduction.

In the context of a mechanical engineering dissertation, the opportunity arose to develop a project with the primary goal of exploring solutions for domestic hot water (DHW) preparation in the renovation of a Millennium BCP bank building into a 4 star hotel. The project was carried out at Tykhe, a company based in Braga specializing in HVAC engineering services.

Initially, an initial study was conducted to assess the building's compliance with regulations and to characterize its interior spaces, climate zone, construction solutions, air airflows, and lighting systems. Subsequently, the building was modeled using HAP software, allowing for the determination of thermal loads and the selection of HVAC equipment. Using HAP once again, the building was simulated with the HVAC systems in place, and the energy consumption was calculated.

The next task involved defining the DHW generation system. In the first phase, consumption profiles were determined, resulting in a required thermal power of 49.40 kW. Two solutions were devised: a heat pump and hybrid solar panels (Solution 1) and a natural gas boiler and solar thermal panels (Solution 2). It was then concluded that solution 1 offered greater economic and environmental benefits, although both solutions resulted in an energy class rating of B^- for the building.

Finally, an improvement measure was analyzed, involving the installation of 117 vertical photovoltaic panels, on the southeast façade of the building. When combined with the two DHW solutions, this alteration led to an energy class rating of B for Solution 1.

KEYWORDS

DOMESTIC HOT WATER, ENERGY CONSUMPTION, SAVINGS, ENERGY CLASS OF THE BUILDING

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xvi
lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xx
Lista de Símbolos.....	xxii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos do projeto.....	1
1.2. Apresentação da empresa.....	2
2. Revisão bibliográfica e estado da arte.....	3
2.1. Sistema de certificação energética.....	3
2.1.1. Requisitos aplicáveis.....	5
2.1.1.1. Requisitos da envolvente opaca.....	6
2.1.1.2. Requisitos da envolvente envidraçada.....	7
2.1.1.3. Requisitos dos sistemas de ventilação.....	8
2.1.1.4. Requisitos dos sistemas de iluminação.....	11
2.1.1.5. Requisitos dos sistemas de climatização.....	13
2.1.1.6. Requisitos dos sistemas de preparação das AQS.....	15
2.1.1.7. Requisitos dos indicadores de eficiência energética.....	17
2.2. Software de simulação Dinâmica.....	17
2.3. Sistemas de Preparação das AQS.....	18
2.3.1. Bomba de calor.....	19
2.3.2. Caldeiras.....	21
2.3.3. Sistemas de painéis solares térmicos.....	22
2.3.3.1. Sistemas de terrossifão.....	22

2.3.3.2.	Sistemas de circulação forçada	23
2.3.3.3.	Evolução requisitos	24
3.	Caracterização do edifício em estudo.....	25
3.1.	Zoneamento Climático.....	30
3.2.	Caracterização da envolvente	30
3.2.1.	Condições de Fronteira	30
3.2.2.	Envolvente Opaca	33
3.2.2.1.	Envolvente opaca exterior	34
3.2.2.2.	Envolvente opaca interior	35
3.2.2.3.	Envolvente opaca em contacto com o solo.....	35
3.2.3.	Envolvente Envidraçada	35
3.2.3.1.	Coeficiente de transmissão térmica	36
3.2.3.2.	Fator solar	39
3.3.	Determinação dos caudais mínimos de ar novo	44
3.3.1.	Determinação dos caudais mínimos de ar novo.....	44
3.3.2.	Seleção dos equipamentos de ventilação	46
3.4.	Caracterização dos sistemas de iluminação Fixa	47
4.	Simulação Dinâmica do comportamento térmico	49
4.1.	Cálculo das cargas térmicas	49
4.1.1.	Introdução dos parâmetros climáticos.....	50
4.1.2.	Definição dos horários de funcionamento e dos perfis de ocupação.....	52
4.1.3.	Definição da envolvente opaca exterior	53
4.1.4.	Definição da envolvente envidraçada.....	54
4.1.5.	Caracterização dos vários espaços úteis.....	56
4.1.6.	Definição dos sistemas de ventilação e climatização.....	59
4.2.	Escolha dos equipamentos de climatização	60
4.3.	Determinação dos consumos energéticos do edifício.....	60
4.3.1.	Edifício previsto	60

4.3.2.	Edifício de referência	64
5.	Definição do sistema de geração de AQS.....	68
5.1.	Limitações e constrangimentos técnicos	68
5.2.	Definição dos perfis de consumo	70
5.3.	Determinação das potências térmicas dos equipamentos geradores de AQS	72
5.4.	Aproveitamento da área de cobertura disponível	74
5.4.1.	Painéis solares térmicos	74
5.4.2.	Painéis solares híbridos	78
5.4.3.	Painéis solares térmicos vs híbridos	80
5.5.	Solução 1: Bomba de calor e painéis solares Híbridos	83
5.6.	Solução 2: Caldeira a gás natural e painéis solares térmicos.....	88
5.7.	Comparação de soluções	90
5.7.1.	Análise económica.....	91
5.7.2.	Análise Ambiental	92
5.7.3.	Determinação da classe energética do edifício para as várias soluções	94
5.8.	Medidas de melhoria	98
5.8.1.	Estudo de viabilidade de instalação de painéis fotovoltaicos.....	98
5.8.2.	Análise ambiental	101
5.8.3.	Impacto na classe energética.....	102
6.	Conclusões	103
	Referências Bibliográficas	105
Anexo 1.	Identificação de espaços.....	107
Anexo 2.	Delimitação das envolventes	115
Anexo 3.	Coeficientes de transmissão térmica por defeito.....	119
Anexo 4.	Envolvente opaca exterior	120
Anexo 5.	Envolvente opaca interior.....	122

Anexo 6.	Envolvente opaca em contacto com o solo	124
Anexo 7.	Características dos envidraçados	125
Anexo 8.	Cálculo e certificação dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente envidraçada 128	
Anexo 9.	Vidro utilizado.....	131
Anexo 10.	Determinação do fator solar.....	132
Anexo 11.	Determinação dos caudais mínimos de ar novo	135
Anexo 12.	Caudais adotados para o balanceamento.....	143
Anexo 13.	Fichas técnicas equipamentos de ventilação	147
Anexo 14.	Cálculo da densidade de potência Instalada.....	163
Anexo 15.	Perfis de ocupação utilizados <i>HAP</i>	169
Anexo 16.	Perfis de iluminação utilizados <i>HAP</i>	170
Anexo 17.	Perfis de utilização de equipamentos elétricos utilizados <i>HAP</i>	172
Anexo 18.	Cálculo do fator solar de simulação dos envidraçados	173
Anexo 19.	Potências térmicas determinadas por simulação no <i>HAP</i>	176
Anexo 20.	Equipamentos de climatização selecionados	178
Anexo 21.	Consumos de iluminação dos ENU's	181
Anexo 22.	Consumos de ventilação dos ventiladores de extração independentes	182
Anexo 23.	Painel solar térmico SOL 250	183
Anexo 24.	Depósitos de acumulação utilizados.....	186
Anexo 25.	Resultados da simulação do sistema de painéis solares térmicos	187
Anexo 26.	Painel solar Híbrido aH72SK da <i>abora</i> solar.....	189
Anexo 27.	Resultados da simulação do sistema de painéis solares Híbridos	190
Anexo 28.	Bomba da <i>Grundfos</i>	193
Anexo 29.	Lista de componentes da solução 1	194
Anexo 30.	Lista de componentes da solução 2	195

Anexo 31. Caldeira EcoTherm Plus WGB 50.....	196
Anexo 32. Cálculo das necessidades anuais de AQS.....	197
Anexo 33. Paineil fotovoltaico monocristalino 365 da <i>baxi</i>	198
Anexo 34. Lista de componentes da medida de melhoria	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do SCE em Portugal, de 1990 a 2013 [2].	5
Figura 2 - Evolução do SCE, em Portugal, de 2002 a 2020 [3].	5
Figura 3 - Representação do quadrante sem necessidade do cumprimento de requisitos ao nível do <i>gtot</i> .	8
Figura 4 - Ambiente de trabalho do HAP versão 5.11.	18
Figura 5 – Funcionamento do ciclo de compressão de vapor [10].	20
Figura 6 - Esquema representativo do princípio de funcionamento de uma caldeira de condensação [13].	21
Figura 7 - Princípio de funcionamento de um painel solar térmico por termosifão [16].	23
Figura 8 - Esquema representativo do princípio de funcionamento de um sistema de painéis solares térmicos com circulação forçada, para a produção de AQS [16].	24
Figura 9 - Modelo 3D do hotel obtido no <i>software Revit</i> , apresentando a divisão em Bloco Grande e Bloco Pequeno, e a localização da Entrada Principal do hotel.	25
Figura 10 - Planta do piso -1.	26
Figura 11 - Planta piso 0.	26
Figura 12 - Planta piso Galerias.	27
Figura 13 - Planta piso 1.	27
Figura 14 - Planta do piso 2.	28
Figura 15 - Planta dos pisos 3 a 6.	28
Figura 16 - Planta do piso 7.	29
Figura 17 - Traçado para a marcação de: a) pavimentos; b) coberturas [11].	33
Figura 18 - Ângulo por elementos horizontais [11].	41
Figura 19 - Ângulos por elementos verticais [11].	42
Figura 20 - Aspeto exterior da máquina de ventilação modelo <i>Topvex</i> da <i>System Air</i> [19].	46
Figura 21 - Etapas a realizar no HAP para a obtenção das potências térmicas necessárias para os sistemas de climatização.	50
Figura 22 - Parâmetros climáticos fornecidos ao HAP para o dimensionamento dos sistemas.	51
Figura 23 - Parâmetros climáticos obtidos através da utilização da folhas de cálculo “SCE.CLIMA”.	51
Figura 24 - Horários de ocupação para a obtenção das potências térmicas. a) Quartos, receções e salas de reuniões/administração. b) Sala de refeições.	52

Figura 25 – Definição dos elementos da envolvente opaca exterior no <i>HAP</i> . a) Paredes exteriores. b) Coberturas exteriores.....	54
Figura 26 - Parâmetros fornecidos ao <i>HAP</i> para a caracterização do vão EV01.	54
Figura 27 - Parâmetros fornecidos para a caracterização do sombreamento "Piso 1 trás esquerda." .	55
Figura 28 - Esquemas ilustrativos dos inputs necessários para a caracterização dos sombreamentos a) por elementos horizontais b) por elementos verticais.....	56
Figura 29 - Sombreamentos definidos no <i>HAP</i>	56
Figura 30 - Caracterização dos espaços no <i>HAP</i> , separador <i>General</i>	57
Figura 31 - Caracterização dos espaços no <i>HAP</i> , separador <i>Internals</i>	57
Figura 32 - Caracterização dos espaços no <i>HAP</i> a) separador " <i>Walls, Windows, Doors</i> " b) separador " <i>Roofs, Skylights</i> ".....	58
Figura 33 - Caracterização dos espaços no <i>HAP</i> a) separador <i>Floors</i> b) separador <i>Partitions</i>	59
Figura 34 - Distribuição dos consumos energéticos obtidos no <i>HAP</i> para o edifício previsto.....	63
Figura 35 - Repartição dos consumos de climatização do edifício previsto em arrefecimento e aquecimento ambiente.	64
Figura 36 - Distribuição dos consumos energéticos obtidos no <i>HAP</i> para o edifício de referência.....	67
Figura 37 - Repartição dos consumos de climatização do edifício de referência em arrefecimento e aquecimento ambiente.	67
Figura 38 - Pátio exterior onde serão colocadas as unidades exteriores das máquinas de climatização, sendo: 1.05, 1.06 e 1.09 uma circulação de acesso ao piso 2 (Bloco Pequeno) desde o piso 0; 1.07 a zona técnica prevista para a instalação dos equipamentos de preparação e armazenamento das AQS e 1.13 um pátio exterior.	69
Figura 39 – Planta do edifício com destaque da cobertura do piso 7 (Zona A).....	69
Figura 40 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis para segunda e terça-feira [22].	71
Figura 41 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis para quarta e quinta-feira [22].	71
Figura 42 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis de sexta-feira a domingo [22].	71
Figura 43 - Novo perfil de consumo de AQS para segunda e terça-feira.....	72
Figura 44 - Novo perfil de consumo de AQS para a quarta e quinta-feira.	73
Figura 45 - Novo perfil de consumo de AQS de sexta-feira a domingo.	73
Figura 46 - Local de instalação das 4 baterias de painéis solares térmicos na cobertura do piso 7.	75
Figura 47 - Campos a preencher na definição de um painel solar térmico no SCE.ER.	76

Figura 48 - Influência do volume de acumulação na fração solar do sistema de painéis solares térmicos.	77
Figura 49 - Dados de entrada fornecidos ao SCE.ER para a simulação do sistema de painéis solares térmicos.....	77
Figura 50 - Local de instalação dos painéis solares híbridos na cobertura.....	78
Figura 51 - Definição de um novo módulo solar fotovoltaico no SCE.ER.....	79
Figura 52 - Perfil horário de potência elétrica em utilização no dia com menor consumo.....	79
Figura 53 - Dados de entrada fornecidos ao SCE.ER para a simulação da componente fotovoltaica, do sistema de painéis híbridos.....	80
Figura 54 - Comparação das duas soluções ao fim de 25 anos, no caso de utilização de uma bomba de calor na preparação de AQS.....	82
Figura 55 - Comparação das duas soluções ao fim de 25 anos, no caso de utilização de uma caldeira a gás natural na preparação de AQS.....	82
Figura 56 - Sistema <i>Daikin Altherma R Flex Type HT AQS</i> : a) Unidade exterior EMRQ-16AB b) Unidade interior EKHBRD014ADV17	84
Figura 57 - Esquema de princípio de funcionamento da solução 1: bomba de calor (Unidade exterior e as unidades interiores associadas)+depósitos de acumulação + painéis solares híbridos.....	85
Figura 58 - Janela "Design Inputs" do HAP utilizada para a definição da bomba de calor.....	86
Figura 59 – Perfis de consumo de AQS a 40 °C para: a) Segundas e terças-feiras; b) Quartas e quintas-feiras; c) Sextas-feiras a Domingos.....	87
Figura 60 - Janela " <i>service hot water</i> " do HAP utilizada para a definição do sistema gerador de AQS com bomba de calor.....	88
Figura 61 - ECOTHERM PLUS WGB 50 da <i>BAXI</i> [15].....	89
Figura 62 - Esquema de princípio de funcionamento da solução 2: Caldeira a gás natural + Depósitos de acumulação + painéis solares térmicos.....	90
Figura 63 - Evolução do investimento de cada solução ao longo dos 25 anos de vida do projeto.....	91
Figura 64 - Poupança monetária da solução 1 comparativamente à solução 2 ao longo de 25 anos...	92
Figura 65 - Comparação de emissões de CO ₂ das duas soluções.....	93
Figura 66 - Acumulado de emissões poupadas ao longo de 25 anos de utilização da solução 1 ao invés da solução 2.....	93
Figura 67 - Fachada sudeste onde serão implementados os painéis fotovoltaicos numa posição verção vertical.....	99

Figura 68 - Comparação das possibilidades de instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos....	100
Figura 69 - Local de instalação dos painéis fotovoltaicos na fachada sudeste do edifício.	101
Figura 70 - Emissões de CO2 poupadas ao longo de 25 anos com a utilização dos painéis fotovoltaicos.	101
Figura 71 – Delimitação das envolventes, paredes exteriores e interiores: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1; e) Piso 2; f) Pisos 3 a 6; g) Piso 7; h) corte B-B'; i) corte A-A'.....	116
Figura 72 -Delimitação das envolventes, Pavimentos: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1.	117
Figura 73 - Delimitação das envolventes, Coberturas: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1; e) Piso 7.	118
Figura 74 - Ficha técnica do vidro utilizado.....	131
Figura 75 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q1 da <i>System air</i>	148
Figura 76 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q2 da <i>System air</i>	150
Figura 77 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q3 da <i>System air</i>	152
Figura 78 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q4 da <i>System air</i>	154
Figura 79 - Ficha técnica da máquina de ventilação Serviços comuns da <i>System air</i>	156
Figura 80 - Ficha técnica da máquina de ventilação Sala de eventos da <i>System air</i>	158
Figura 81 - Ficha técnica da máquina de ventilação “Refeitório” da <i>System air</i>	160
Figura 82 - Ficha técnica do ventilador independente “V1” da <i>System air</i>	161
Figura 83 - Ficha técnica do ventilador independente “V2” da <i>System air</i>	162
Figura 84 – Perfis de ocupação utilizados no <i>HAP</i> para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de ocupação dos espaços da zona de entrada; b) Perfil de ocupação dos quartos; c) Perfil de ocupação da sala de refeições durante a semana; d) Perfil de ocupação da sala de refeições ao fim de semana; e) Perfil de ocupação da sala de eventos; f) Perfil de ocupação da sala de reuniões e sala de administração.	169
Figura 85 - Perfis de iluminação utilizados no <i>HAP</i> para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de iluminação dos espaços da zona de entrada; b) Perfil de iluminação dos quartos de segundas a quintas-feiras; c) Perfil de iluminação dos quartos para sextas-feiras e sábados; d) Perfil de iluminação dos quartos para os domingos; e) Perfil de iluminação da sala de refeições; f) Perfil de iluminação da sala de eventos; g) Perfil de iluminação da sala de reuniões e sala de administração.....	171
Figura 86 - Perfis de utilização de equipamentos elétricos utilizados no <i>HAP</i> para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de utilização de equipamentos elétricos para as zonas de entrada; b) Perfil de utilização	

de equipamentos elétricos para os quartos; c) Perfil de utilização de equipamentos elétricos para a sala de refeições.....	172
Figura 87 - Ficha técnica do painel solar térmico SOL 250 da <i>BAXI</i> [15].....	183
Figura 88 - Certificado <i>solar Keymark</i> do painel solar térmico SOL 250 da BAXI (página 1).....	184
Figura 89 - Certificado <i>solar Keymark</i> do painel solar térmico SOL 250 da BAXI (página 2).....	185
Figura 90 - Ficha técnicas dos depósitos <i>BAXI</i> utilizados [15].	186
Figura 91 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares térmicos.	188
Figura 92 - Ficha técnica do painel solar híbrido Ah72SK da <i>abora</i> [24].....	189
Figura 93 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares híbridos, contribuição solar.	191
Figura 94 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares híbridos, contribuição fotovoltaica.	192
Figura 95 - Ficha técnica da bomba CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE da <i>Grundfos</i> [28].....	193
Figura 96 - Ficha técnica caldeira EcoTherm Plus WGB [15].....	196
Figura 97 - Ficha técnica do módulo solar monocristalino 365 da BAXI [15].	198

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços. $U_{máx}[W/m^2. °C]$ [5].	6
Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente envidraçada $U_w, máx[w/m^2. °C]$ [5].	7
Tabela 3 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, $g_{tot}, máx$ [5].	8
Tabela 4 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [5].	9
Tabela 5 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [5].	10
Tabela 6 - Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [5]. .	11
Tabela 7 - Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux [5]. ..	12
Tabela 8 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [5].	13
Tabela 9 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [5].	13
Tabela 10 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [5].	14
Tabela 11 - Consumo diário de AQS para edifícios de comércio e serviços conforme previsto na norma EN 12831-3 [5].	16
Tabela 12 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [6].	17
Tabela 13 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação [6].	17
Tabela 14 - Zona climática de inverno e verão [11].	30
Tabela 15 - Condições fronteira em edifícios de habitação e de comércio e serviços [11].	31
Tabela 16 - Valores do coeficiente de redução ($bztu$) [11].	32
Tabela 17 - Valores dos $bztu$ dos diferentes ENU's obtidos.	32
Tabela 18 – Cores definidas para a marcação da envolvente [11].	33
Tabela 19 - Resistências térmicas superficiais [11].	34
Tabela 20 - Tabela resumo dos valores do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca exterior.	34
Tabela 21 - Tabela resumo dos valores do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca interior.	35
Tabela 22 - Principais características do vidro selecionado.	37
Tabela 23 - Principais características da caixilharia utilizada [18].	37

Tabela 24 - Fração envidraçada [11].	37
Tabela 25 - Valores do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ para as diferentes ligações vidro/caixilho [11].	38
Tabela 26 - Resistência térmica adicional do vão envidraçado devido ao dispositivo de proteção ativado [11].	39
Tabela 27 - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar [11].	40
Tabela 28 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento [11].	41
Tabela 29 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento	41
Tabela 30 - Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento [11].	42
Tabela 31 - Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento [11].	43
Tabela 32 - Cálculo das áreas de envidraçado das fachadas.	43
Tabela 33 - Valores do somatório de insuflação e extração de ar por piso/bloco.	45
Tabela 34 - Atualização dos valores do somatório de insuflação e extração de ar por piso/bloco.	46
Tabela 35 - Divisão dos equipamentos de ventilação.	47
Tabela 36 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento [11].	55
Tabela 37 - Densidades de potências dos equipamentos elétricos adotadas para os vários espaços [20].	57
Tabela 38 - Valores de infiltração de ar [11].	58
Tabela 39 - Agrupamento dos vários Espaços/Zonas/Pisos para a seleção das máquinas exteriores de climatização.	60
Tabela 40 - Distribuição dos Espaços/Zonas/Pisos nos vários sistemas no <i>HAP</i> .	61
Tabela 41 - Valores de SFP dos ventiladores de cada sistema.	62
Tabela 42 - Coeficientes de transmissão térmica de referência para edifícios de comércio e serviços [11].	64
Tabela 43 - Fator solar de referência dos vãos envidraçados para edifícios de comércio e serviços [11].	65
Tabela 44 - Valores dos caudais mínimos de insuflação de referência para cada espaços.	65
Tabela 45 - Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços [11].	66
Tabela 46 - Determinação da potência térmica crítica do sistema de AQS.	74
Tabela 47 - Principais características do painel solar térmico Sol 250 da BAXI.	75
Tabela 48 - Principais características do painel solar híbrido <i>abora</i> aH72SK.	78

Tabela 49 - Lista de componentes e custos para o sistema de painéis solares térmicos [15].	80
Tabela 50 – Lista de componentes e custos para o sistema de painéis solares híbridos [24].	81
Tabela 51 - Tabela de capacidades de aquecimento do sistema <i>Daikin Altherma R Flex Type HT AQS</i> , em função da temperatura ambiente [27].	84
Tabela 52 - Principais características da bomba CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE da <i>Grundfos</i> [28].	86
Tabela 53 - Principais características do modelo ECOTHERM PLUS WGB 50 da <i>BAXI</i> [15].	89
Tabela 54 - Fatores de conversão de energia primária para emissões de <i>CO2</i> [11].	92
Tabela 55 - Determinação das emissões de <i>CO2</i> emitidas por cada solução, ao longo de um ano.	93
Tabela 56 - Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T [11].	94
Tabela 57 - Fatores de conversão de energia final para energia primária [11].	95
Tabela 58 - Necessidades energéticas, energia final e energia renovável por sistema do edifício previsto com os consumos dos sistemas de AQS da solução 1.	96
Tabela 59 - Necessidades energéticas, energia final e energia renovável por sistema do edifício previsto com os consumos dos sistemas de AQS da solução 2.	96
Tabela 60 - Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços [11].	97
Tabela 61 - Necessidades energéticas e energia final do edifício de referência com os consumos dos sistemas de AQS da solução 1.	97
Tabela 62 - Necessidades energéticas e energia final do edifício de referência com os consumos dos sistemas de AQS da solução 2.	97
Tabela 63 - Principais características do módulo solar monocristalino 365 da <i>BAXI</i> [15].	99
Tabela 64 - Identificação e classificação dos espaços.	107
Tabela 65 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para paredes [11].	119
Tabela 66 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para pavimentos e coberturas [11].	119
Tabela 67 – Constituição da Pext1.	120
Tabela 68 -Constituição da Pext2.	120
Tabela 69 - Constituição da Cobext1.	121
Tabela 70 - Constituição da Cobext2 e cobext3.	121
Tabela 71 - Constituição do Pavext1.	121
Tabela 72 - Constituição da Pint1.	122
Tabela 73 - Constituição da Cobint1.	122
Tabela 74 - Constituição da Cobint2.	123
Tabela 75 - Constituição do Pavint1.	123

Tabela 76 - Constituição do Pav1.....	124
Tabela 77 - Constituição da P1.	124
Tabela 78 - Características de cada envidraçado e sua classificação quanto ao seu tipo de vão.	125
Tabela 79 - Tabela resumo da verificação dos que requisitos do coeficiente de transmissão térmica máximo da envolvente envidraçada.....	128
Tabela 80 - Tabela resumo da verificação dos que requisitos do fator solar máximo da envolvente envidraçada.....	132
Tabela 81 - Determinação dos caudais mínimos de insuflação para os espaços que apresentam requisitos.	135
Tabela 82 - Determinação dos caudais mínimos de extração para os espaços que apresentam requisitos.	139
Tabela 83 -Caudais de insuflação e extração adotados para o balanceamento	143
Tabela 84 - Cálculo da densidade de potência instalada em cada espaço.	163
Tabela 85 – Cálculo do fator solar de simulação para cada envidraçado.....	173
Tabela 86 - Potências térmicas de arrefecimento e aquecimento determinadas no <i>HAP</i> , para os espaços a climatizar.	176
Tabela 87 - Unidades interiores selecionadas para cada espaço [27].....	178
Tabela 88 - Características e identificação das unidades exteriores utilizadas [27].	180
Tabela 89 - Determinação dos consumos elétricos anuais associados à iluminação dos ENU's.	181
Tabela 90 - Determinação dos consumos elétricos anuais dos ventiladores de extração independentes.	182
Tabela 91 - Lista de componentes e respetivo custo da solução 1 [24], [27].....	194
Tabela 92 - Lista de componentes e respetivo custo da solução 2 [15].	195
Tabela 93 - Cálculo das necessidades anuais de AQS.	197
Tabela 94 - Lista de componentes e respetivo custo da instalação de módulos fotovoltaicos [15].	199

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AQ – Água quente

AQS – Água quente sanitária

ASHRAE – *American Society of Heating Refrigeration and Air Condition Engineers*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado;

CSV – *Comma separated values*

DEE – Desempenho energético do edifício

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

E - Este

ENU – Espaço interior não útil

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

EPW – *Energy Plus Weather Data File*

EU – Espaço interior útil

GES – Grande edifício de comércio e serviços

HAP – *Hourly Analysis Program*

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

N - Norte

NE - Nordeste

NO - Noroeste

NUTS – Nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos

O – Oeste

PES – Pequeno edifício de comércio e serviços

PTP – Pontes térmicas planas

PVC – Policloreto de vinila

QAI – Qualidade do ar interior

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

RECS – Regulamento do desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços

REH – Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação

RGB – *Red, Green and Blue*

RQSECE – Regulamento da qualidade dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

RSECE – Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

S - Sul

SACE – Sistemas de automatização e controlo do edifício

SCE – Sistema de certificação energética dos edifícios

SE - Sudeste

SFP – Potência específica da unidade de ventilação

TIR – Taxa interna de rentabilidade

LISTA DE SÍMBOLOS

$A_{env, fac}$	Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação, incluindo a horizontal	$[m^2]$
$A_{espaço}$	Área de pavimento do espaço	$[m^2]$
A_f	Área do caixilho	$[m^2]$
A_{fac}	Soma das áreas da envolvente, vertical ou horizontal, com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação	$[m^2]$
A_g	Área transparente	$[m^2]$
A_i	Somatório das áreas dos elementos de todas as frações de habitação e comércio e serviços que separam os respetivos espaços interiores úteis do espaço interior não útil	$[m^2]$
A_{po}	Área opaca	$[m^2]$
A_{tot}	Área total de pavimento	$[m^2]$
A_u	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior não útil do ambiente exterior	$[m^2]$
A_w	Área do vão envidraçado	$[m^2]$
b_{ztu}	Coefficiente de redução de perdas	-
C	Potência térmica do sistema gerador de AQS	$[kW]$
COP	Eficiência nominal para aquecimento (eletricidade)	-
C_{AQS}	Consumo anual de AQS	$[L/ano]$
D	Diâmetro exterior	$[mm]$
d_j	Espessura da camada de material	$[m]$
DPI_{int}	Densidade de potência de iluminação instalada no espaço	$[W/m^2]$
DPI_{100lx}	Densidade de potência de iluminação instalada no espaço, por 100 lx	$[(W/m^2)/100 lx]$

$DPI_{100lx,máx}$	Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx	$[(W/m^2)/100\ lx]$
E_m	Iluminância média mantida no espaço	$[lx]$
$E_{m\ req}$	Iluminância média requerida no espaço	$[lx]$
$E_{s,i}$	Consumo de energia dos usos do tipo S	$[kWh/ano]$
f	Espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas	-
F	Espaço interior não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas	-
F_d	Fator de disponibilidade de luz natural do espaço	-
F_f	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical	-
$F_{pu,i}$	Fator de conversão de energia final para energia primária	$[kWh_{EP}/kWh]$
$F_{f,direita}$	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical à direita	-
$F_{f,esquerda}$	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical à esquerda	-
F_g	Fração envidraçada	-
F_{oc}	Fator de ocupação do espaço	-
$F_{w.v}$	Fator de correção da seletividade angular de verão	-
F_0	Fator de sombreamento do elemento opaco horizontal	-
g_{tot}	Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados	-
$g_{tot,vci}$	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar totalmente ativado	-
$g_{\perp,vi}$	Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado	-

GD	Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de $18^{\circ}C$	-
$g_{tot,ref}$	Fator solar do vão envidraçado de referência	-
$g_{simulação}$	Fator solar a considerar no <i>software</i> de cálculo	-
$g_{tot,máx}$	Fator solar dos vãos envidraçados máximo com os dispositivos de proteção totalmente ativados	-
$g_{tot,máx,corrigido}$	Fator solar dos vãos envidraçados máximo com os dispositivos de proteção totalmente ativados corrigido	-
HC	Capacidade de aquecimento da bomba de calor	[kW]
IEE	Indicador de eficiência energética	[kWh _{EP} /m ² .ano]
$IEE_{fóssil,S}$	Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S	[kWh _{EP} /m ² .ano]
$IEE_{pr,ren}$	Indicador de eficiência energética previsto renovável	[kWh _{EP} /m ² .ano]
$IEE_{pr,S}$	Indicador de eficiência previsto do tipo S	[kWh _{EP} /m ² .ano]
$IEE_{ref,S}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S	[kWh _{EP} /m ² .ano]
l_g	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	[m]
l_{gb}	Desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar	[m]
l_{po}	Desenvolvimento linear da ligação da área opaca com o caixilho	[m]
n	Número de ocupantes em cada espaço	-
P_c	Potência nominal dos sistemas de controlo do espaço	[W]
P_{tot}	Potência nominal de iluminação fixa do espaço	[W]
PI	Consumo da bomba de calor	[kW]
$Q_{AN,área}$	Caudal de ar novo por unidade de área	[m ³ /(h.m ²)]
Q_{ANF}	Caudal de ar novo mínimo em espaços dotados de ventilação mecânica	[m ³ /h]

$Q_{AN,M_{met}}$	Caudal de ar novo por ocupante	$[m^3/(h.ocupante)]$
$Q_{AN,min}$	Caudal de ar novo mínimo	$[m^3/h]$
Q_{AQS}	Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS em edifícios de comércio e serviços	$[kWh/ano]$
Q_{ext}	Caudal de extração	$[m^3/h]$
$Q_{ext,min}$	Caudal de extração mínimo	$[m^3/h]$
Ren_{CS}	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços	-
R_{IEE}	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços	-
R_j	Resistência térmica de um material ou elemento construtivo	$[(m^2.°C)/W]$
R_{Se}	Resistência térmica superficial exterior	$[(m^2.°C)/W]$
R_{Si}	Resistência térmica superficial interior	$[(m^2.°C)/W]$
R_{tot}	Resistência térmica total	$[(m^2.°C)/W]$
$SCOP$	Eficiência sazonal para aquecimento (eletricidade)	-
$SEER$	Eficiência sazonal para arrefecimento (eletricidade)	-
SPF	Fator médio de desempenho sazonal estimado	-
t_r	Tempo de restabelecimento do volume de AQS consumido	$[h]$
T_{inlet}	Temperatura da água de entrada do depósito	$[°C]$
T_{rede}	Temperatura da água da rede	$[°C]$
T_{set}	Temperatura de acumulação de AQS	$[°C]$
U	Coeficiente de transmissão térmica	$[W/m^2.C]$
U_f	Coeficiente de transmissão térmica do caixilho	$[W/m^2.C]$
U_g	Coeficiente de transmissão térmica da área transparente	$[W/m^2.C]$

$U_{m\acute{a}x}$	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica m\~aximo	$[W/m^2.C]$
U_{po}	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica da \~area opaca	$[W/m^2.C]$
U_{ref}	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica de refer\~encia	$[W/m^2.C]$
U_w	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica da envolvente envidra\~cada	$[W/m^2.C]$
U_{WDN}	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica do v\~ao envidra\~cado m\~edio dia-noite	$[W/m^2.C]$
$U_{w,m\acute{a}x}$	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica m\~aximo da envolvente envidra\~cada	$[W/m^2.C]$
U_{ws}	Coeficiente de transmiss\~ao t\~ermica do v\~ao envidra\~cado com os dispositivos de prote\~cao solar ativados	$[W/m^2.C]$
$V_{consumido}$	Volume consumido de AQS	$[L]$
V_{enu}	Volume do espa\~co interior n\~ao \~util	$[m^3]$
W	Consumo de AQS em um determinado per\~odo de tempo	$[L]$
S\~mbolos gregos:		
ΔR	Acr\~escimo de resist\~encia t\~ermica devido ao dispositivo de prote\~cao solar e ao espa\~co de ar	$[(m^2.^\circ C)/W]$
ΔT	Aumento de temperatura necess\~ario para a prepara\~cao das AQS	$[^\circ C]$
ϵ_v	Ef\~ici\~encia de remo\~cao de poluentes	-
η_{tank}	Rendimento do dep\~osito de acumula\~cao	-
θ_{enu}	Temperatura do espa\~co interior n\~ao \~util	$[^\circ C]$
θ_{ext}	Temperatura do ambiente exterior	$[^\circ C]$
$\theta_{ext.v}$	Temperatura exterior m\~edia na esta\~cao de arrefecimento	$[^\circ C]$
θ_{int}	Temperatura interior	$[^\circ C]$
λ_j	Condutibilidade t\~ermica da camada	$[W/(m.^\circ C)]$

Ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho	$[W/(m. °C)]$
Ψ_{gb}	Coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar	$[W/(m. °C)]$
Ψ_{po}	Coeficiente de transmissão térmica linear de referência	$[W/(m. °C)]$

1. INTRODUÇÃO

Na sequência do Protocolo de Quioto e da necessidade de redução de emissões de CO_2 associadas aos consumos energéticos dos edifícios na União Europeia, a transposição da Diretiva Comunitária 2002/91/CE, para legislação nacional (em 2006) trouxe a obrigatoriedade da implementação de requisitos mínimos aplicáveis na construção de edifícios novos ou nas obras de reabilitação em edifícios sujeitos a uma grande renovação. Progressivamente, ao longo dos anos, os requisitos de qualidade térmica e desempenho energético têm vindo a ser revistos, sendo cada vez mais exigentes e abrangendo cada vez mais edifícios. Os requisitos que em 2006 eram apenas aplicáveis a construções novas e grandes intervenções, passam agora a ser aplicáveis a qualquer intervenção desde que intervencionado um componente do edifício com impacto no desempenho energético. Segundo um estudo efetuado pela ADENE, conclui-se que cerca de 50% dos imóveis certificados apresentam uma classe energética pouco eficiente, com classes que variam entre *F* e *D*. Nestes edifícios, foram identificadas cerca de 2.6 milhões de medidas de melhoria de eficiência energética que ao serem implementadas permitiriam cerca de 2/3 dos edifícios mencionados atingissem classes energética de *C* (mínimo regulamentar para grande renovações) ou superior. Com base neste paradigma, a otimização dos sistemas técnicos torna-se indispensável para a renovação do parque edificado nacional [1].

Assim sendo, as renovações e requalificações dos edifícios existentes, são oportunidades para melhorar o desempenho energético destes e com isso obter ganhos ambientais, sociais e económicos levando a poupanças energéticas e redução de emissões, bem como à redução de faturas.

1.1. OBJETIVOS DO PROJETO

Nesta dissertação, pretende-se desenvolver um projeto de avaliação de soluções de produção das águas quentes sanitárias (AQS) num hotel alvo de uma grande renovação, que apresenta elevadas necessidades de AQS e particularidades que condicionam os sistemas adotados.

A execução deste estudo foi auxiliada pela utilização dos softwares *Revit 2023* e *AutoCad 2023*, que permitiram analisar e compreender a morfologia deste edifício, tanto em planta (2D) como num modelo 3D, ao passo de que o *HAP* permitiu realizar as simulações do comportamento térmico dinâmicas necessárias para a obtenção dos consumos energéticos do edifício e dimensionamento de equipamentos.

Com a realização desta dissertação pretende-se assim alcançar os seguintes conhecimentos:

- Conhecimento do Sistema de certificação energética dos edifícios (SCE) e da legislação em vigor aplicável ao projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC);
- Avaliação dos requisitos aplicáveis segundo o Decreto-Lei n.º 101-D/2020;
- Lançar um edifício num software de simulação dinâmica e realizar simulações de modo a obter as cargas térmicas necessárias para cada espaço e assim os consumos energéticos do edifício;
- Avaliação e desenvolvimento de soluções para a produção das AQS em edifícios
- Determinação da classe energética de um edifício

Em suma, o objetivo deste trabalho é determinar qual a melhor solução para a preparação das AQS do hotel, tendo em conta o contexto regulamentar e geográfico do mesmo.

1.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Tykhe é uma empresa especializada na prestação de serviços de engenharia, em todo o tipo de edifícios, desde edifícios de habitação até edifícios de comércio e serviços. Os serviços prestados consistem em:

- Execução de projetos nas especialidades de : Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC); Hidráulicas; Sistemas de Desenfumagem; Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGT) e Sistemas solares térmicos;
- Coordenação e fiscalização de obra;
- Consultoria, auditorias técnicas e certificação energética;
- Planeamento, preparação e gestão de obra.

A empresa para a conceção e desenvolvimento dos projetos utiliza preferencialmente a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), uma vez que permite uma maior fiabilidade na execução dos mesmos e na sua coordenação.

A Tykhe disponibilizou assim um caso de estudo real e prestou auxílio na execução do projeto em todas as fases do seu desenvolvimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DA ARTE

Neste capítulo foi efetuada uma contextualização dos principais conceitos e temáticas abordados ao longo deste trabalho. Deste modo, inicialmente abordou-se o SCE e a sua evolução legislativa ao longo dos anos, sendo de seguida apresentados os principais requisitos aplicáveis ao hotel em estudo. Posteriormente, abordou-se o *software* de simulação dinâmica multizona utilizado e por fim, foram apresentados os principais sistemas de preparação e produção de AQS utilizados.

2.1. SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Em Portugal, até 1990, a construção de edifícios não obrigava à verificação regulamentar no que diz respeito a elementos da envolvente opaca (coberturas, paredes, pavimentos), elementos translúcidos (janelas e claraboias) e os sistemas de produção e preparação das AQS e climatização interior. Em fevereiro do mesmo ano, com base em conhecimento e experiência adquirida por outros países quanto à conservação e utilização de energia e nas condições climáticas do país, foi publicado o Decreto-Lei n.º 40/1990 que se designa por RCCTE. Este documento levou à imposição de requisitos no projeto de edifícios novos e nas remodelações de edifícios já existentes, com o objetivo de melhorar as suas condições de conforto térmico, sem consumo excessivo de energia [2].

Posteriormente, em 1992, foi publicado o Decreto-Lei n.º 156/92, o regulamento da qualidade dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RQSECE), visando o estabelecimento de regras a serem consideradas no dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios, objetivando assegurar condições de conforto térmico e de qualidade do ar interior de forma eficiente e preservando energeticamente o meio ambiente. Este documento foi, em 1998, modificado dando origem ao regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE), aquando da publicação do Decreto-Lei n.º 118/98 [2].

Embora existisse uma atenção nacional no que concerne a uma construção mais sustentável, na União Europeia, era sentida uma preocupação relativamente à evolução do consumo de energia final no setor dos edifícios, sendo que no final dos anos 90, mais de 40 % do consumo de energia final na Comunidade Europeia era devida a este setor. Esta preocupação levou à publicação da Diretiva Comunitária 2002/91/CE, designada por “*Energy Performance of Buildings Directive*” (EPBD), que estabelecia requisitos ao nível de:

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;

- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a significantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

A transposição, obrigatória, desta diretiva comunitária para o direito nacional, efetuou-se 4 anos mais tarde, através de 3 peças legislativas:

- Decreto-Lei n° 78/2006 que aprova o SCE e a qualidade do ar interior (QAI);
- Decreto-Lei n° 79/2006 que aprova RSECE e substitui o Decreto-Lei n° 118/98
- Decreto-Lei n° 80/2006 que aprova o Regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios (RCCTE) e que revoga o Decreto-Lei n° 40/1990.

Em 2010, a diretiva comunitária foi revista, reformulando a primeira versão, incentivando a certificação energética dos edifícios e a melhoria dos requisitos impostos, na Diretiva Comunitária 2010/31/CE. Em Portugal, e face à revisão da EPBD, foi necessário proceder-se à sua transposição para o direito nacional, sendo revistas e agregadas as três peças legislativas anteriormente mencionadas, em um único Decreto-lei, o Decreto-Lei n° 118/2013. Este Decreto-Lei foi apoiado através da publicação de sete Portarias e catorze Despachos, que incluíam a metodologia específica de cálculo, contabilização de energia renovável, o modelo do certificado de desempenho energético, dados climáticos, fatores de conversão de energia primária e outros. O Decreto-Lei n° 118/2013 inclui assim o SCE, o regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação (REH) e o regulamento do desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS). O esquema da Figura 1 resume a evolução legislativa desde o seu início (1990) até 2013.



Figura 1 - Evolução do SCE em Portugal, de 1990 a 2013 [2].

Em 2020, foi publicado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, transpondo a segunda diretiva EPBD, e parcialmente a Diretiva 2019/944/EU, definindo novos requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regulando o SCE. Na Figura 2 encontra-se um grafismo do resumo e evolução do SCE desde 2002 até 2020.

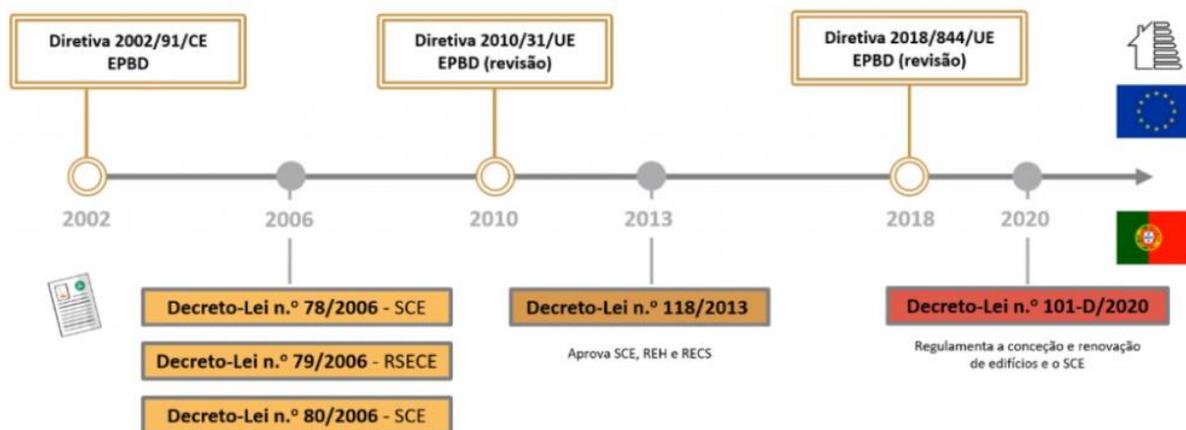


Figura 2 - Evolução do SCE, em Portugal, de 2002 a 2020 [3].

2.1.1. REQUISITOS APLICÁVEIS

A fim de cumprir os requisitos regulamentares e garantir o desempenho térmico adequado, os edifícios novos ou renovados obedecem a normas e regulamentos específicos estabelecidos pelas autoridades competentes, de modo a promover o conforto ambiente, o comportamento térmico adequado, a eficiência e durabilidade dos sistemas técnicos, a boa gestão da energia e a utilização de fontes de energia renovável [4].

Estas normas podem variar de acordo com o país e a legislação local. Em Portugal, de acordo com o Decreto-Lei nº 101-D/2020 os edifícios de comércio e serviços estão sujeitos ao cumprimento de requisitos ao nível da:

- Envolvente opaca;
- Envolvente envidraçada;
- Sistemas de ventilação;
- Sistemas fixos de iluminação;
- Sistemas de climatização;
- Sistemas de preparação de água quente;
- Sistemas de produção de energia elétrica;
- Sistemas de automatização e controlo do edifício (SACE);
- Instalações de elevação;
- Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos;

No presente trabalho, não são abordados os requisitos relativos aos SACE, instalações de elevação e infraestruturas de carregamento de veículos elétricos, uma vez que são tópicos que por falta de informação nesta fase do projeto, não foi possível a sua caracterização.

2.1.1.1. REQUISITOS DA ENVOLVENTE OPACA

Os elementos da envolvente opaca (paredes, coberturas, pavimentos, elementos de PTP e portas) têm de cumprir requisitos ao nível do coeficiente de transmissão térmica (U). Na Tabela 1 encontram-se os requisitos aplicáveis para edifícios de comércio e serviços, em função do tipo de elemento e da zona climática de inverno.

Tabela 1 - Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços. $U_{máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [5].

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente de envolvente	Verticais	Exterior ou Interior com $b_{ztu} > 0.7$	0.70	0.60	0.50
	Horizontais	Exterior ou Interior com $b_{ztu} > 0.7$	0.50	0.45	0.40
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0.90		
		Interior com $b_{ztu} > 0.7$	1.75	1.60	1.45
	Horizontais	Exterior	0.90		
		Interior com $b_{ztu} > 0.7$	1.25	1.00	0.90

De realçar que nos edifícios de comércio e serviços, os elementos da envolvente opaca encontram-se isentos do cumprimento de requisitos ao nível do U desde que o somatório de energia útil para

aquecimento e arrefecimento ambiente seja inferior ao obtido considerando o cumprimento dos mesmos [5].

2.1.1.2. REQUISITOS DA ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

Os elementos da envolvente envidraçada têm de cumprir requisitos ao nível do coeficiente de transmissão térmica (U_w) e ao nível do Fator solar (g_{tot}).

Relativamente aos requisitos do valor de U_w estes encontram-se descritos na Tabela 2, em função da zona climática de Inverno.

Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente envidraçada $U_{w,máx}[w/m^2 \cdot ^\circ C]$ [5].

Região	Zona climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental	3.30	3.30	3.30
Região Autónoma da Madeira	3.30	3.30	3.30
Região Autónoma dos Açores	3.30	3.30	3.30

De realçar que edifícios de comércio e serviços onde o somatório da energia útil para aquecimento e arrefecimento é inferior ao somatório obtido caso sejam cumpridos os requisitos referidos, não é necessário o cumprimento dos mesmos.

Relativamente aos requisitos do valor de g_{tot} , os elementos da envolvente envidraçada, nomeadamente os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços interiores úteis, têm de cumprir a condição da equação (1), em que F_0 representa o fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado e F_f é o fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado.

$$g_{tot} \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{tot,máx} \quad (1)$$

O valor de $g_{tot,máx}$ é obtido através da consulta da Tabela 3, que indica os valores máximos em função da zona climática de verão.

Tabela 3 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, $g_{tot,máx}$ [5]

Tipo de edifício	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Edifício de comércio e serviços	0,56	0,56	0,50

Nos Grandes edifícios de comércio e serviços (GES) em que a soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços úteis por orientação ($A_{env,fac}$) seja superior a 30 % da soma das áreas da envolvente por orientação (A_{fac}), a condição a respeitar deixa de ser a da equação (1) e passa a ser a da equação (2).

$$g_{tot} \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{tot,máx} \cdot \frac{0.30}{\left(\frac{A_{env,fac}}{A_{fac}}\right)} \quad (2)$$

É importante salientar também que os vãos envidraçados orientados no quadrante norte, tal como evidenciado na Figura 3, encontram-se isentos do cumprimento de requisitos de g_{tot} , bem como os vãos de edifícios de comércio e serviços em que o somatório de energia útil para arrefecimento e aquecimento ambiente é inferior ao somatório de energia útil para o mesmo fim em que este requisito é verificado.

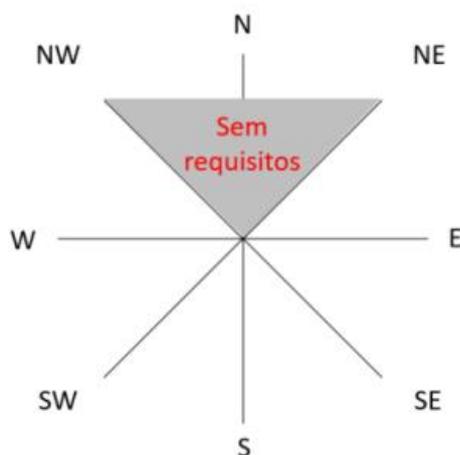


Figura 3 - Representação do quadrante sem necessidade do cumprimento de requisitos ao nível do g_{tot} .

2.1.1.3. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

Os sistemas de ventilação têm de cumprir requisitos ao nível dos caudais de ar novo e de extração de determinados espaços. O dimensionamento destes sistemas deve ter em conta a determinação dos caudais exigidos com vista à promoção da QAI dos espaços e à minimização dos consumos de energia associados. Posto isto, de acordo com o Decreto-Lei nº 101-D/2020, os espaços dos edifícios de

comércio e serviços encontram-se sujeitos ao cumprimento de requisitos no que respeita a caudais de ar novo.

Assim sendo, nos edifícios de comércio e serviços, o valor do caudal mínimo de ar novo é determinado em função da condição da equação (3), sendo este o máximo determinado através da aplicação de dois métodos de cálculo: o critério de ocupação e o critério edifício.

$$Q_{AN,mín} = \text{Máximo (Critério de ocupação; Critério edifício)} \quad (3)$$

a) Critério de ocupação

Dentro do critério de ocupação, existem dois métodos de cálculo: o método prescritivo e o método analítico, sendo a escolha sobre qual o método a utilizar da responsabilidade do projetista. No presente trabalho optou-se pela utilização do método prescritivo, pelo que apenas foi efetuada a descrição deste método.

Pelo método prescritivo, o valor de $Q_{AN,mín}$ para a diluição da carga poluente devido aos ocupantes de um determinado espaço, é determinado utilizando a equação (4), em que n representa o número de ocupantes em cada espaço e $Q_{AN,M_{met}}$ é o caudal de ar novo por ocupante [$m^3/(h.ocupante)$], obtido pela consulta da Tabela 4 em função do tipo de espaço e atividade desenvolvida no mesmo.

$$Q_{AN,mín} = n \cdot Q_{AN,M_{met}} \quad (4)$$

Tabela 4 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [5].

Tipo de espaço	Tipo de atividade	Caudal de ar novo [$m^3/(h.ocupante)$]
Quartos, dormitórios e similares	Sono	16
Salas de repouso, salas de espera, salas de conferências, auditórios e similares, bibliotecas	Descanso	20
Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas e similares, museus e galerias, salas de convívio, salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	Sedentária	24
Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche		28
Laboratórios, <i>ateliers</i> , salas de desenho e trabalhos oficinais, cafés, bares, salas de jogos e similares	Moderada	35
Pista de dança, salas de ginásios, salas de <i>ballet</i> e similares	Ligeiramente alta	49
Salas de musculação, salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	Alta	98

b) Critério edifício

Pelo critério edifício, a lógica passa por determinar o valor de $Q_{AN,mín}$ necessário para a diluição e remoção da carga poluente devido aos materiais constituintes de cada espaço, e as atividades desenvolvidas no mesmo. O valor de $Q_{AN,mín}$ é assim determinado utilizando a equação (5), em função da área de pavimento do espaço $A_{espaço}$ e o caudal de ar novo por unidade de área, obtido pela consulta da Tabela 5, que especifica o valor de $Q_{AN,área}$ em função da situação do edifício.

$$Q_{AN,mín} = A_{espaço} \cdot Q_{AN,área} \quad (5)$$

Tabela 5 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [5].

Situação do edifício	Caudal de ar novo [$m^3/(h \cdot m^2)$]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	5
Com espaços em que a existência predominante (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente	2
Piscinas (em que a área de referência é a área do plano de água)	20

De realçar que, segundo a Portaria n°138-I/2021, nos espaços em que o tipo de atividade é “sono”, o caudal mínimo de ar novo deve ser determinado apenas e exclusivamente em função do critério de ocupação. Segundo a mesma Portaria, espaços como corredores, balneários, instalações sanitárias, arrumos, armazéns, cozinhas, copas ou similares encontram-se isentos do cumprimento de requisitos de caudal de ar novo, bem como espaços técnicos e locais sujeitos a requisitos de higiene e segurança no local de trabalho, relativos à renovação do ar interior, no âmbito da respetiva atividade, com fontes poluentes específicas e nos quais são manuseados produtos químicos ou biológicos. É importante ainda ressaltar que em situações em que se verifique recirculação de ar, ou quando a ventilação do ambiente é realizada por meios de transferência de ar, esse ar não deve ser proveniente de cozinhas, instalações sanitárias, parques de estacionamento, arrecadações, espaços com fumadores e outros espaços com fontes de contaminação identificadas.

No que concerne aos requisitos aplicáveis aos caudais mínimos de extração em edifícios de comércio e serviços, os espaços inerentes aos mesmos são as instalações sanitárias, que devem

apresentar um caudal de extração (Q_{ext}) igual ou superior ao caudal de extração mínimo ($Q_{ext,min}$), sendo que para estes caudais não é considerada a eficácia de remoção de poluentes.

Na Tabela 6 encontram-se os caudais mínimos de extração de ar ($Q_{ext,min}$) em função do tipo de espaço e sistema de extração do mesmo. Para a correta interpretação da tabela, entende-se por instalação sanitária privada um espaço ocupado apenas por uma pessoa em cada utilização, ao passo que uma instalação sanitária pública é um espaço ocupado por várias pessoas em simultâneo, incluindo balneários e similares. De notar ainda que um sistema de extração com funcionamento contínuo é um sistema de ventilação com um horário de funcionamento, no mínimo igual do espaço que serve.

Tabela 6 - Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [5].

Tipo de espaço	Sistema de extração	$Q_{ext,min}$ [m ³ /h]
Instalação sanitária privada	Com funcionamento contínuo	Máx (45; 10. $A_{espaço}$)
	Sem funcionamento contínuo	Máx (90; 10. $A_{espaço}$)
Instalação sanitária pública	Funcionamento normal	Máx (90.(n° de urinóis+n° de sanitas+n° de duches); 10. $A_{espaço}$)
	Funcionamento intensivo	Máx (125.(n° de urinóis+n° de sanitas+n° de duches); 10. $A_{espaço}$)

2.1.1.4. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação fixa, tanto para espaços interiores como exteriores, presentes em edifícios de comércio e serviços, são levados em conta durante a avaliação do desempenho energético do edifício (DEE) quando aplicável. Estes sistemas estão sujeitos ao cumprimento de requisitos específicos. Para a caracterização adequada de um sistema de iluminação fixa, é necessário levar em consideração os seguintes elementos:

- Quantidade e potência das lâmpadas;
- Quantidade de luminárias;
- Tipo, quantidade e potência dos balastros, transformadores ou drivers;
- Densidade de potência de iluminação;
- Tipo e potência dos sistemas de controlo e regulação de fluxo (em função da ocupação e de luz natural);
- Iluminância, quando aplicável.

Ao levar em conta estes elementos na caracterização de um sistema de iluminação fixa, é possível projetar e implementar soluções mais sustentáveis e eficientes, que atendam aos requisitos estabelecidos para o DEE.

Os requisitos inerentes a estes sistemas referem-se ao nível da densidade de potência e da iluminância instalada em cada espaço.

a) Iluminância

Segundo a Portaria nº138-I/2021, a iluminância dos espaços não pode exceder em mais de 30% os valores de iluminância média dispostos no anexo IV do Manual SCE, em função do tipo de espaço, tarefa ou atividade.

b) Densidade de potência

De acordo com a Portaria nº138-I/2021, os sistemas de iluminação fixa devem dispor de uma densidade de potência instalada em cada espaço por 100 lx (DPI_{100lx}) inferior ao seu valor máximo ($DPI_{100lx,máx}$) tal como especificado na Tabela 7, em que é dado o valor de $DPI_{100lx,máx}$ em função do tipo de espaço.

Tabela 7 - Valores de densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux [5].

Tipo de espaço	$DPI_{100lx,máx}$ [(W/m ²)/100 lx]
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de descanso	1.3
Escritório individual 1-6 pessoas	1.5
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	1.5
Show room e salas de exposição, museus	1.5
Salas de congressos/Hall de exposições	1.5
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	1.5
Laboratórios, salas de exames/tratamento, blocos operatórios	1.5
Salas de pré e pós-operatório	2.1
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares	2.1
Cozinhas industriais e hoteleiras e armazéns de apoio	2.1
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem	2.1
Parques de estacionamento interiores	2.1
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes	2.1
Hall/entradas, corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais	2.1
Salas de refeições (exceto restaurantes)	2.3

Para a verificação do cumprimento deste requisito é necessário calcular o valor de DPI_{100lx} , que é dado pela equação (6), em função da densidade de potência instalada no num determinado espaço (DPI_{int}) e da iluminância média mantida no espaço (E_m) em lx.

$$DPI_{100lx} = DPI_{int} \cdot \frac{100}{E_m} \quad (6)$$

Por sua vez, para a obtenção do valor de DPI_{int} utiliza-se a equação (7), que dá esse valor em função da potência nominal total dos sistemas de iluminação fixo do espaço (P_{tot} em $[W]$), do fator de ocupação (F_{oc}), do fator de disponibilidade de luz natural do espaço (F_d), da potência nominal total dos sistemas de controlo do espaço (P_c em $[W]$) e da área de pavimento do espaço em questão ($A_{espaço}$ em $[m^2]$).

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \cdot F_{oc} \cdot F_d) + P_c}{A_{espaço}} \quad (7)$$

2.1.1.5. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

No que concerne aos sistemas de climatização, estes são alvo de requisitos ao nível do desempenho energético e de dimensionamento.

Posto isto, segundo a Portaria n°138-I/2021, todas as redes de transporte de fluidos e respetivos elementos devem dispor de isolamento térmico em toda a sua extensão, incluindo acessórios e demais componentes da rede, devendo as espessuras de isolamento obedecer aos valores mínimos definidos na Tabela 8, na Tabela 9 e na Tabela 10, para tubagens, condutas e depósitos respetivamente.

Tabela 8 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [5].

Diâmetro exterior [mm]	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido [°C]				Temperatura do fluido [°C]			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9.9 a 0	0.1 a 10	10 <
$D \leq 35$	20	20	30	40	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50	60	50	40	30
$D > 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

Tabela 9 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [5].

Condutas e acessórios	
Ar quente	Ar frio
20	30

Tabela 10 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [5].

Equipamentos e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização	
Superfície $\leq 2 \text{ m}^2$	Superfície $> 2 \text{ m}^2$
50	80

De destacar a necessidade de acrescer, pelo menos, 10 *mm* aos valores das espessuras de isolamento térmico quando os elementos das redes de tubagem e/ou condutas se encontrarem instalados no exterior. Excetuam-se desta condição as tubagens de fluido frio com diâmetro superior a 60 *mm*, nas quais o incremento exigido deve ser de, pelo menos, 20 *mm*. Também estas devem apresentar adequadas proteções ultravioleta e mecânica.

As espessuras de isolamento previstas nas tabelas anteriores, são aplicáveis a materiais com uma condutibilidade térmica de $0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. No entanto, caso os materiais possuam uma condutibilidade térmica diferente, é imprescindível realizar uma correção na espessura para assegurar uma resistência térmica igual ou superior à do requisito exigido.

Adicionalmente, os componentes de redes de tubagem e/ou condutas que estejam visíveis no interior de um espaço climatizado, desde que sejam exclusivamente dedicados a esse mesmo espaço e não apresentem risco de condensação, estão dispensados do cumprimento dos requisitos de isolamento previstos nas tabelas anteriores, bem como as tubagens associadas ao transporte de fluido frigorígeno dos sistemas de expansão direta que podem respeitar as instruções estabelecidas pelo fabricante como alternativa aos requisitos estabelecidos. Também, as tubagens que se encontrem enterradas, devem dispor de proteção mecânica estanque, com isolamento térmico e barreira de vapor para evitar a formação de condensações ou perdas térmicas consideráveis.

No que concerne ao dimensionamento destes sistemas, a instalação de dispositivos que possibilitem o arrefecimento dos espaços através de (*free-cooling*) é obrigatória quando a temperatura e a entalpia do ar exterior forem inferiores às do ar de retorno e sempre que a soma dos caudais do ar insuflado por todos os equipamentos nos sistemas de climatização do tipo “tudo ar” seja superior a $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Está também prevista a instalação de recuperação de energia no ar de rejeição com uma eficiência mínima de 50 %, durante o período de aquecimento, sempre que a soma da potência térmica de rejeição de todos os equipamentos em condições de projeto seja superior a 80 *kW*, sendo que nos sistemas em que não seja possível a recuperação de calor latente, a eficiência de recuperação especificada é aplicável apenas à recuperação de calor sensível.

2.1.1.6. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE PREPARAÇÃO DAS AQS

Os sistemas de preparação das AQS, alvo primário de estudo deste trabalho, devem, segundo a Portaria nº138-I/2021 cumprir requisitos ao nível de desempenho energético e dimensionamento.

Deste modo, estes sistemas devem privilegiar a utilização de equipamentos com recurso a energia renovável ao invés da utilização de fontes fósseis. Devem também cumprir disposições previstas no “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais” no que concerne à preparação e distribuição das AQS.

No âmbito da instalação de sistemas solares térmicos, é fundamental cumprir os seguintes requisitos/recomendações adicionais:

- Os sistemas e/ou coletores térmicos devem possuir certificação emitida por laboratório credenciado, conforme as Normas EN 12976 ou 12975, respetivamente;
- Os sistemas de termossifão devem estar equipados com uma válvula misturadora, de modo a controlar a temperatura das AQS fornecida aos pontos de consumo, assegurando a segurança dos utilizadores;
- O sistema solar térmico deve ser responsável exclusivamente pelo aquecimento da parte mais fria do depósito de acumulação, enquanto o sistema de apoio é responsável pelo aquecimento da parte mais quente;
- Se a temperatura de estagnação do coletor solar plano exceder 120 °C, devem ser selecionados coletores planos com quatro tomadas;
- Caso o sistema solar térmico seja constituído por, no mínimo, três grupos autónomos, é necessário instalar válvulas de regulação de caudal para garantir o equilíbrio hidráulico e térmico entre esses grupos;
- Com o intuito de otimizar o funcionamento do sistema, é recomendável que este assegure entre 50 a 75 % das necessidades anuais de AQS;
- Para os sistemas solares térmicos de circulação forçada que servem vários depósitos ou frações, é indispensável a instalação de válvulas de regulação de caudal para garantir o equilíbrio hidráulico e térmico;
- O dimensionamento do vaso de expansão deve levar em consideração a temperatura de estagnação do coletor solar e a probabilidade de expulsão de fluido térmico, devendo estar localizado a jusante da válvula de retenção;

- Nos sistemas solares térmicos de circulação forçada com temperatura de estagnação superior a 120 °C, o vaso de expansão deve ser dimensionado para absorver as dilatações do circuito e receber o líquido expulso durante a vaporização do coletor;
- Para sistemas solares térmicos de circulação forçada com uma área de captação superior a 15 m², a rede de tubagem do circuito primário deve apresentar uma perda de carga igual ou inferior a 4 mbar por metro linear de tubagem.

No que concerne a requisitos de dimensionamento, este deve ser realizado segundo os consumos diários de AQS, conforme previsto na Norma EN12831-3. Estes consumos encontram-se na Tabela 11 e são relativos a água quente a 60 °C.

Tabela 11 - Consumo diário de AQS para edifícios de comércio e serviços conforme previsto na norma EN 12831-3 [5].

Tipo de utilização	Consumo AQS	Variável
Cuidados de saúde sem dormida	10	Litros/cama
Cuidados de saúde com dormida e sem lavandaria	56	
Cuidados de saúde com dormida e com lavandaria	88	
Escolas	*	
Teatros e anfiteatros		
Lojas		
Serviço de refeições tradicional, 2 refeições por dia	21	Litros/(pessoa.refeição)
Serviço de refeições <i>self-service</i> , 2 refeições por dia	8	
Serviço de refeições tradicional, 1 refeição por dia	10	
Serviço de refeições <i>self-service</i> , 1 refeições por dia	4	
Hotéis 1 estrela, sem lavandaria	56	Litros/cama
Hotéis 1 estrela, com lavandaria	70	
Hotéis 2 estrelas, sem lavandaria	76	
Hotéis 2 estrelas, com lavandaria	90	
Hotéis 3 estrelas, sem lavandaria	97	
Hotéis 3 estrelas, com lavandaria	111	
Hotéis 4 estrelas ou superior, sem lavandaria	118	
Hotéis 4 estrelas ou superior, com lavandaria	132	
Outros edifícios com dormida	28	
Recintos desportivos	101	

*Sem consumo de AQS, podendo ser usados valores de outras tipologias de utilização caso estejam previstas.

É importante realçar que podem ser considerados outros valores diferentes dos indicados na Tabela 11, desde que o técnico autor do projeto justifique devidamente os valores utilizados.

Conforme estabelecido na Portaria n°138-I/2021, os dispositivos terminais de preparação de AQS, tais como, torneiras, sistemas de duche ou chuveiros, devem estar equipados com soluções que minimizem o consumo de água. Estas soluções incluem redutores de caudal ou arejadores, torneiras com posição *eco-stop*, torneiras misturadoras termostáticas, torneiras temporizadas ou outras medidas

que promovam a eficiência hídrica. Além disso, é obrigatória a instalação de uma rede de circulação e retorno de AQS quando o comprimento da canalização de distribuição, entre o aparelho gerador ou acumulador e o dispositivo terminal mais afastado, for superior a 15 metros. Contudo, esta rede pode ser dispensada caso sejam instalados equipamentos nos dispositivos terminais, que eliminem os tempos de espera pela AQS ou o desperdício de água durante esse período.

2.1.1.7. REQUISITOS DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Despacho nº 6476-E/2021 define requisitos para os edifícios de comércio e serviços relativos aos indicadores de eficiência energética (IEE), sendo que os edifícios de comércio e serviços novos têm de cumprir os requisitos estabelecidos na Tabela 12, e os edifícios sujeitos a uma grande renovação têm de cumprir os requisitos da na Tabela 13, em que R_{IEE} representa o rácio da classe energética, Ren_{CS} é o indicador de energia primária renovável, $IEE_{fossil,S}$ é o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S e $IEE_{ref,S}$ é o indicador de eficiência energética de referência do tipo S.

Tabela 12 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [6]

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a B
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 0.75$
Energia primária renovável	$Ren_{CS} \geq 0.50$
Energia primária fóssil	$IEE_{fossil,S} \leq 0.75 \cdot IEE_{ref,S}$

Tabela 13 - Requisitos dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação [6].

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a C
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 1.50$
Energia primária renovável	$Ren_{CS} \geq 0.50$
Energia primária fóssil	$IEE_{fossil,S} \leq IEE_{ref,S}$

2.2. SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DINÂMICA

O *software* de simulação dinâmica utilizado no presente trabalho é o *HAP* versão 5.11. Este é um *software* de simulação dinâmica desenvolvido pela *Carrier*, uma empresa de renome no setor de tecnologias de ventilação e de climatização, sendo certificado pela norma “*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*” ASHRAE 140. Este *software* é amplamente utilizado no setor de engenharia e projeto de sistemas de climatização, e permite cumprir os critérios estabelecidos

na determinação das necessidades e consumos de energia de um edifício de comércio e serviços com um cálculo dinâmico multizona, tendo a capacidade de :

- Modelar com mais do que uma zona térmica;
- Modelar com um incremento de tempo horário, ou menor, e por um período de um ano civil, contabilizando 8760 horas;
- Modelar a variação horária das cargas térmicas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Modelar os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins de semana;
- A recuperação de calor e ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício;

Esta ferramenta permite fazer o dimensionamento de sistemas AVAC, sendo que permite também a obtenção de consumos do edifício ou de um equipamento em particular [7]. Na Figura 4 visualiza-se o ambiente de trabalho do HAP.

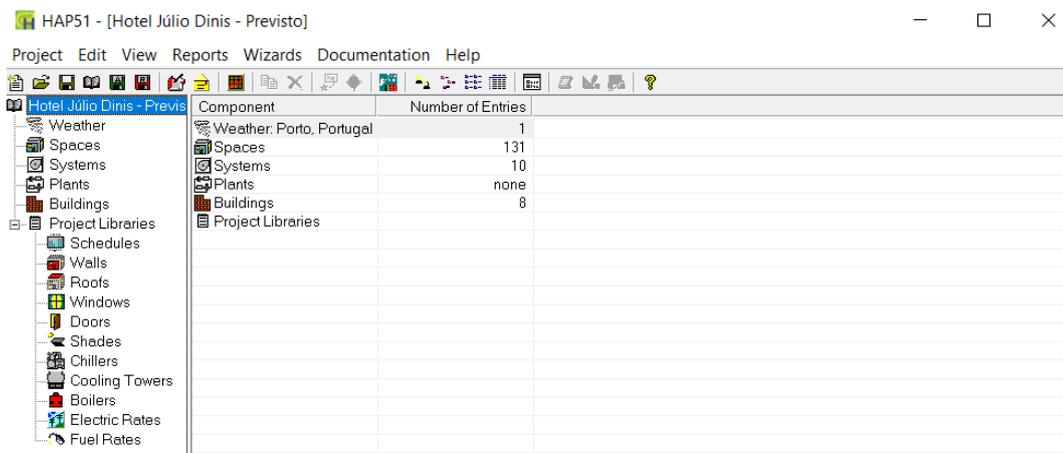


Figura 4 - Ambiente de trabalho do HAP versão 5.11.

2.3. SISTEMAS DE PREPARAÇÃO DAS AQS

A necessidade de obtenção de águas quentes para fins sanitários (AQS) remonta a tempos antigos, onde civilizações antigas como os gregos e romanos utilizavam técnicas rudimentares para aquecer água destinada a banhos e higiene pessoal [8].

Os sistemas e equipamentos utilizados na preparação de AQS dividem-se em sistemas de produção instantânea e sistemas de acumulação. Os sistemas instantâneos são concebidos e dimensionados de modo a responder e a produzir a água quente de forma imediata, aquando de uma

determinada solicitação, tal como o ato de abrir uma torneira ou um chuveiro. Este tipo de sistemas é utilizado em instalações de pequena dimensão, nas quais a fonte térmica (geralmente caldeiras murais ou esquentadores) deve satisfazer uma necessidade limitada de água quente sanitária. Os sistemas de acumulação têm como princípio de funcionamento fornecer água quente para usos domésticos através do armazenamento prévio da mesma em reservatórios ou depósitos. Nestes sistemas, a água é aquecida por uma fonte térmica, tal como caldeiras, painéis solares térmicos, bombas de calor, entre outros, através da ligação de um permutador de calor ou de uma serpentina no interior do depósito de acumulação. Este tipo de sistemas é indicado para instalações de média-grande dimensão que devem servir várias utilizações. Relativamente aos sistemas de produção instantânea, os sistemas de acumulação permitem a utilização de potências muito menores e um funcionamento mais contínuo e regular, levando a um maior rendimento térmico. Contudo, os tempos de aquecimento das águas são mais longos [9].

Nos subcapítulos seguintes é efetuada uma caracterização dos principais sistemas utilizados na produção de AQS.

2.3.1. BOMBA DE CALOR

As Bombas de calor são equipamentos que permitem o aquecimento de águas quentes sanitárias através do consumo de energia elétrica e do aproveitamento de energia do ambiente exterior (ar, água ou solo). Podem ser integradas em sistemas de acumulação (mais comumente utilizadas), fazendo-se passar a água aquecida por uma serpentina no interior do depósito de acumulação, aquecendo água armazenada, ou em sistemas instantâneos

O funcionamento de uma bomba de calor, de uma forma genérica, ocorre segundo um ciclo frigorífico, que permite no final a transferência de calor de um meio a baixa temperatura para um meio a temperaturas mais altas, com o fornecimento de energia sob a forma de trabalho [10].

O ciclo frigorífico mais comumente utilizado numa bomba de calor é o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, em que circula um fluido refrigerante de forma cíclica num circuito fechado. O circuito é constituído essencialmente por quatro componentes principais: um compressor, um condensador, um elemento de expansão e um evaporador. O líquido refrigerante entra no compressor na forma de vapor, onde é comprimido até à pressão do condensador. O vapor deixa o compressor com uma temperatura elevada em direção ao condensador, onde irá rejeitar calor para água a aquecer. De seguida, passa no elemento de expansão, onde a sua pressão diminui devido ao estrangulamento, fazendo com este entre no evaporador no estado líquido e vapor a baixa pressão. No evaporador recebe

calor da fonte fria, promovendo a total vaporização do refrigerante. Na Figura 5 encontra-se um esquema alusivo ao funcionamento deste ciclo.

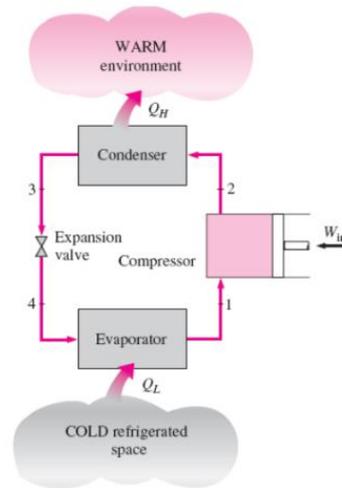


Figura 5 – Funcionamento do ciclo de compressão de vapor [10].

A eficiência de uma bomba de calor para preparação das AQS é medida através de um coeficiente designado *COP*, do inglês “*Coefficient of Performance*”, presente na equação (8). O valor do *COP* por norma é superior à unidade, ou seja, a quantidade de calor fornecida à água (efeito útil) é superior ao trabalho realizado para o produzir. Este fenómeno deve-se ao facto deste tipo de equipamentos retirar energia ao ambiente exterior, da natureza, de uma forma quase gratuita e renovável. Na diretiva *Eco-design* é estabelecida uma nova metodologia de avaliar a eficiência deste tipo de equipamentos. Esta nova eficiência, designada por “*Sazonal Coefficient of Performance*”, *SCOP*, considera as flutuações de temperatura e os períodos de *standby* para conceder uma indicação clara e fiável da eficiência energética ao longo de todo o ano. O método de cálculo é semelhante para o do parâmetro *COP*.

$$COP = \frac{\text{Efeito útil}}{\text{Trabalho necessário}} \quad (8)$$

As eficiências das bombas de calor para a produção e preparação das AQS, na anterior legislação apresentavam como requisito um *COP* mínimo de 2.3. Na atual legislação, não existem requisitos quanto à eficiência, contudo a contribuição da parcela de energia renovável da bomba de calor apenas é considerada caso o *COP* ou *SCOP* seja superior 2.5 (no caso de bomba de calor elétrica) e 1.15 (no caso de bomba de calor térmica), o que leva a uma penalização considerável na classe energética final do edifício, aquando da utilização de equipamentos que não cumpram esta condição [11].

2.3.2. CALDEIRAS

Uma caldeira, em termos de características de eficiência energética pode ser considerada como um permutador de calor que contém a sua própria fonte térmica. O seu funcionamento consiste na transferência de calor da fonte térmica para a água, sendo a fonte térmica usualmente um combustível [12]. É possível utilizarem-se combustíveis em 3 estados: combustíveis líquidos (gasóleo), combustíveis gasosos (gás natural, GPL, butano...) e combustíveis sólidos (biomassa) [12].

As caldeiras tradicionais dividem-se em dois grandes tipos quando ao “*layout*” da transferência de calor: as “*firetube boilers*” e as “*watertube boilers*”. Em ambos os tipos a nomenclatura deriva do facto de serem usados tubos para a troca de calor, sendo que no caso de os gases de combustão se encontrarem no interior dos tubos e água no exterior dos tubos, a caldeira é considerada “*firetube*” e no caso de a água passar no interior dos tubos e os gases da combustão no exterior é considerada “*watertube*”. Existem também as caldeiras de condensação, que apresentam maiores eficiências que as caldeiras convencionais. A principal característica diferenciadora destas caldeiras é o facto de apresentarem uma grande superfície de permuta de calor, resistente à corrosão que permite recuperar calor latente dos gases de combustão, através da condensação do vapor de água neles contido. Este calor é utilizado no pré-aquecimento da água, levando assim a maiores rendimentos. Na Figura 6 encontra-se o princípio de funcionamento deste tipo de equipamentos.

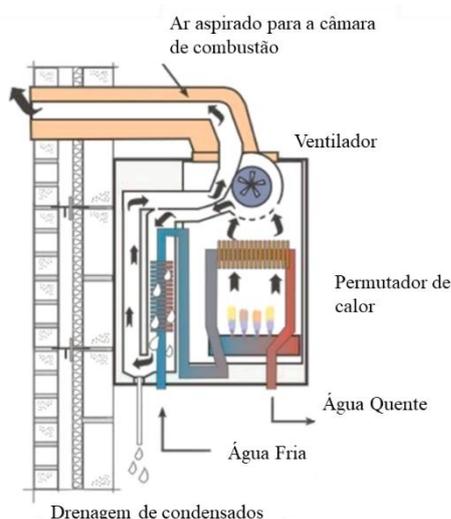


Figura 6 - Esquema representativo do princípio de funcionamento de uma caldeira de condensação [13].

Relativamente aos requisitos aplicáveis, na legislação anterior, nomeadamente na Portaria n.º 349-B/2013, a classe de eficiência mínima definida era B quando da entrada em vigor do documento, tendo passado a A a partir de 31 de Dezembro de 2015, o que equivalia a rendimentos mínimos de 86 a 89 %

(inclusive) e 89 a 92 % (inclusive) respetivamente. Na atual legislação não existem requisitos aplicáveis no que concerne ao rendimento destes equipamentos.

2.3.3. SISTEMAS DE PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS

Os sistemas de painéis solares térmicos são instalações capazes de captar a energia solar e transformá-la em energia térmica (sob a forma de calor), útil para o aquecimento das águas quentes (AQ) [14].

O seu funcionamento, de uma forma geral, consiste na articulação do funcionamento de dois circuitos: o circuito primário, que é responsável por captar a energia solar e transportá-la até ao local de permuta (tanto pode ser um permutador de calor inserido num depósito de acumulação ou um permutador de calor exterior ao depósito) e o circuito secundário onde o calor é transferido para a água que será posteriormente utilizada nos pontos de consumo. De notar que estes circuitos geralmente são constituídos por fluídos circulantes com propriedades diferentes, em que o fluído do circuito primário consiste numa mistura de água com propilenoglicol (tipicamente com 25 %) [15], o que permite proteger as instalações solares do perigo de congelamento do fluído, o que pode levar à danificação permanente dos equipamentos. O fluído do circuito secundário geralmente é água. De destacar que estes sistemas não garantem a totalidade do consumo energético associado à preparação das AQS, pelo que é necessário articulá-los com sistemas de apoio, nomeadamente caldeiras, bombas de calor e resistências elétricas [14].

No que concerne ao tipo de instalações de painéis solares térmicos, atualmente no mercado existem duas principais tipologias: as instalações de painéis solares térmicos de termossifão e os painéis solares térmicos de circulação forçada.

2.3.3.1. SISTEMAS DE TERMOSSIFÃO

Os sistemas de termossifão, são constituídos essencialmente por um painel solar térmico e um acumulador no topo do painel (volumetria variável entre os 150 e os 300 litros). São aplicados essencialmente em instalações com necessidades de AQS menos exigentes, uma vez que são sistemas limitados quanto à produtividade solar, capacidade de armazenamento de energia e área de captação. O seu funcionamento é caracterizado por uma circulação natural do fluído, em que, quando a radiação solar incide no painel, existe um aumento da temperatura do fluído solar que percorre a tubagem do circuito primário, levando à diminuição da sua massa volúmica. Quando a massa volúmica do fluído diminui, este ascenderá do coletor para o depósito e o fluído mais frio (por isso mais denso) descerá para o coletor. Quando o fluído solar sobe e atinge o permutador do acumulador, transfere energia na

forma de calor, aquecendo a água que se encontra no interior do mesmo. Se não houver radiação ou se a temperatura no coletor não for superior à do depósito, não haverá circulação e, conseqüentemente, não será aquecida a água do acumulador. Na Figura 7 observa-se uma representação esquemática do princípio de funcionamento destes equipamentos.

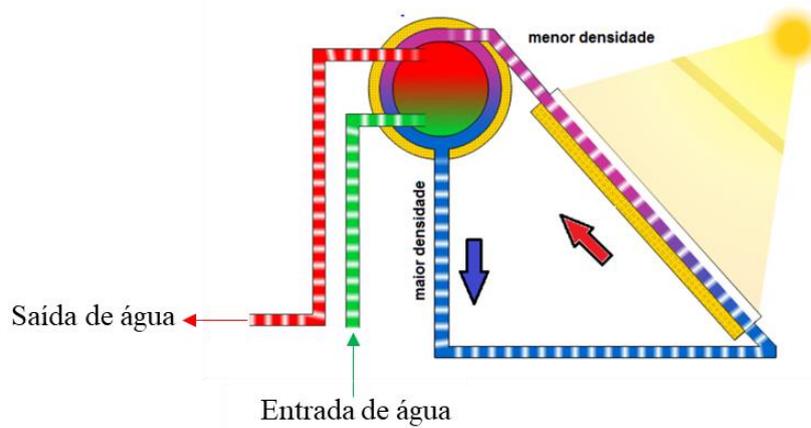


Figura 7 - Princípio de funcionamento de um painel solar térmico por termosifão [16].

2.3.3.2. SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO FORÇADA

No que concerne aos sistemas de circulação forçada, estes permitem aquecer um maior volume de água, sendo por isso indicados para instalações com maiores consumos e necessidades de AQS [16]. Nestas instalações, o depósito de armazenamento não necessita de obrigatoriamente estar instalado numa posição superior ao painel solar térmico, uma vez que o transporte de energia através do fluido térmico entre os coletores e o depósito é efetuado por uma bomba circuladora, sempre que exista uma diferença de temperatura, entre o fluido térmico nos painéis solares térmicos e a água na zona inferior do depósito acumulador. Uma vez observada uma diferença de temperatura, o controlador irá fornecer energia elétrica à bomba circuladora, que por sua vez movimentará o fluido entre o coletor e o acumulador. Na Figura 8 encontra-se uma representação esquemática deste tipo de instalações.

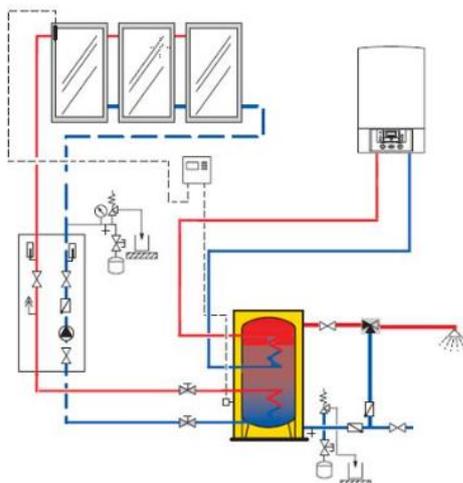


Figura 8 - Esquema representativo do princípio de funcionamento de um sistema de painéis solares térmicos com circulação forçada, para a produção de AQS [16].

2.3.3.3. EVOLUÇÃO REQUISITOS

No que concerne a requisitos, na anterior legislação, segundo a Portaria n° 349-B/2013, os sistemas de painéis solares térmicos deveriam proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores padrão com as seguintes características:

- Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- Planos com área de abertura de 0.65 m^2 por ocupante convencional;
- Rendimento ótico de 73%;
- Coeficientes de perdas térmicas $a_1 = 4.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $a_2 = 0.014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0.91;

Na atual legislação não existem requisitos aplicáveis à performance destes sistemas, contudo é recomendado que o sistema assegure entre 50 a 75 % das necessidades anuais de AQS, segundo a Portaria n° 138-I/2021.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

O edifício em estudo diz respeito a uma grande renovação de um antigo estabelecimento do banco Millennium BCP na rua Júlio Dinis no Porto. Trata-se da transformação em um hotel de 4 estrelas, constituído por 10 pisos: 1 abaixo do nível do solo, 1 ao nível térreo e 8 acima do piso térreo, contemplando no total 81 quartos, não possuindo lavandaria. De notar que o edifício desenvolve-se em dois blocos, como evidenciado na Figura 9, onde se destacam o bloco pequeno e o bloco grande. As fachadas deste hotel encontram-se orientadas a Nordeste (NE), Noroeste (NO), Sudeste (SE) e Sudoeste (SO), sendo que a entrada principal é voltada para NE e que na orientação NO encontra-se um edifício existente que faz fronteira com o edifício em estudo (bloco cinzento visível na Figura 9).

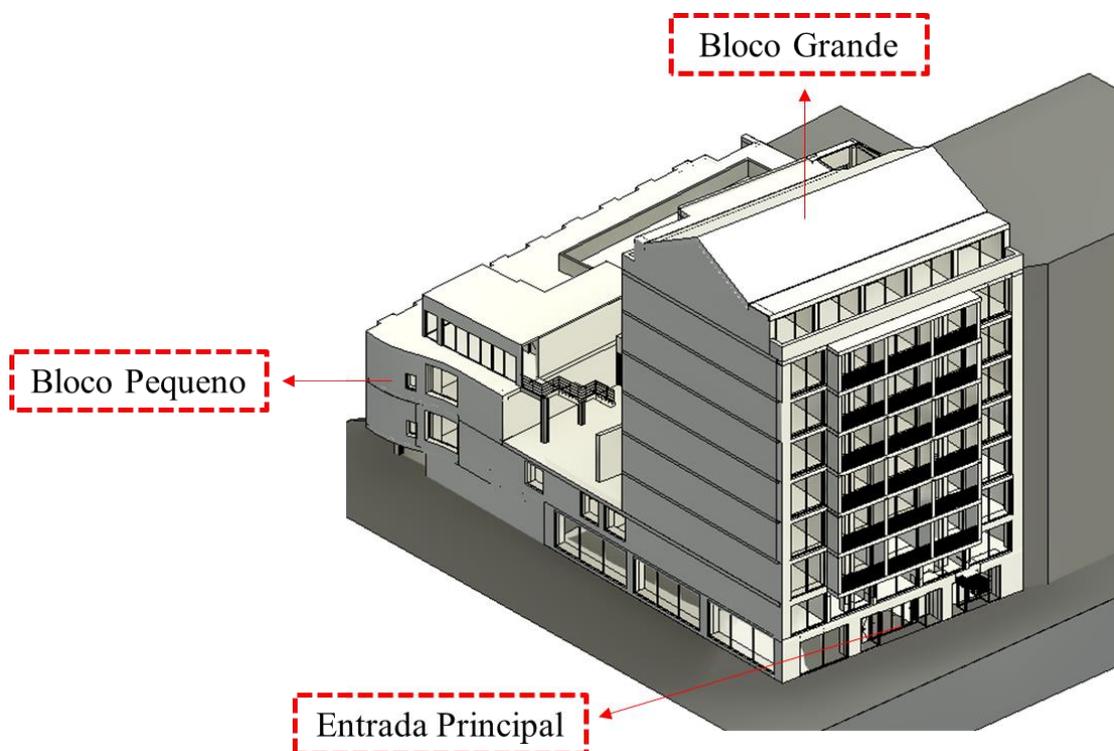


Figura 9 - Modelo 3D do hotel obtido no *software Revit*, apresentando a divisão em Bloco Grande e Bloco Pequeno, e a localização da Entrada Principal do hotel.

Os pisos enumerados são caracterizados da seguinte forma:

Piso -1, totalmente enterrado, é composto essencialmente por várias zonas técnicas, uma zona de estacionamento interiores (8 lugares), uma cozinha, balneários, instalações sanitárias, arrumos, um elevador que liga desde este piso até ao piso 2 bloco pequeno e elevadores que ligam até ao piso 7 passando por todos os pisos (Bloco Grande) e a sala de refeições com a capacidade de 120 lugares.

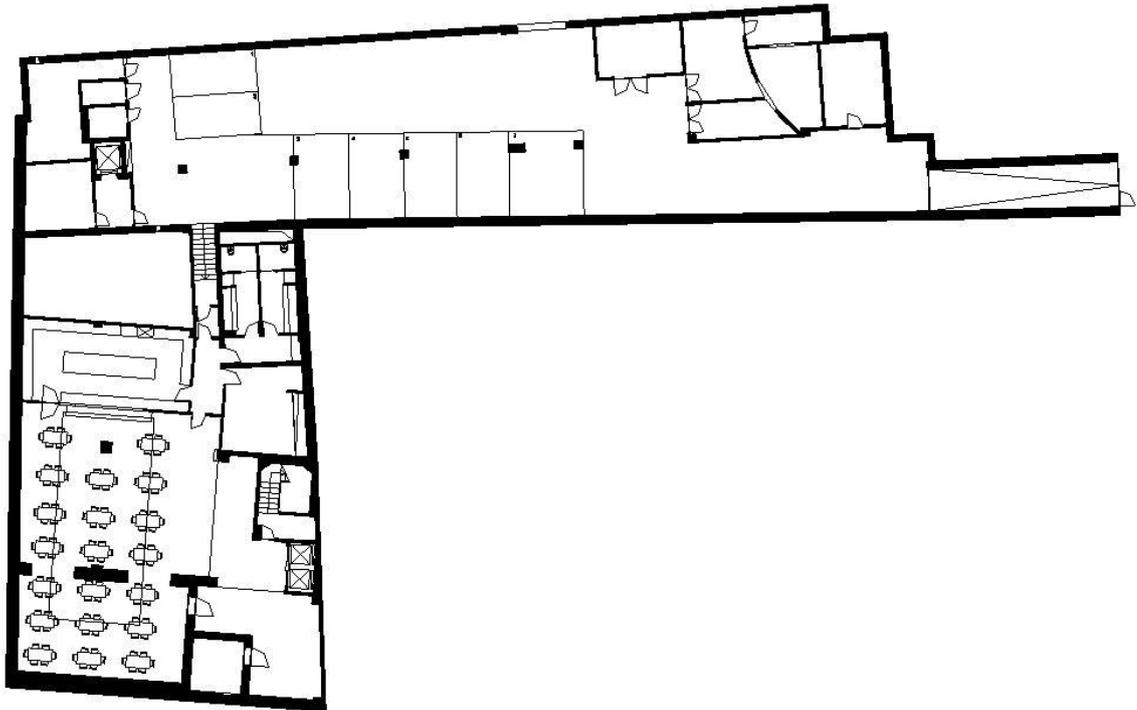


Figura 10 - Planta do piso -1.

Piso 0, onde se encontra a entrada principal deste hotel, a receção aos clientes, um bar, salas de reuniões e da administração, instalações sanitárias, uma zona técnica e uma sala de eventos com uma capacidade de até 77 lugares.

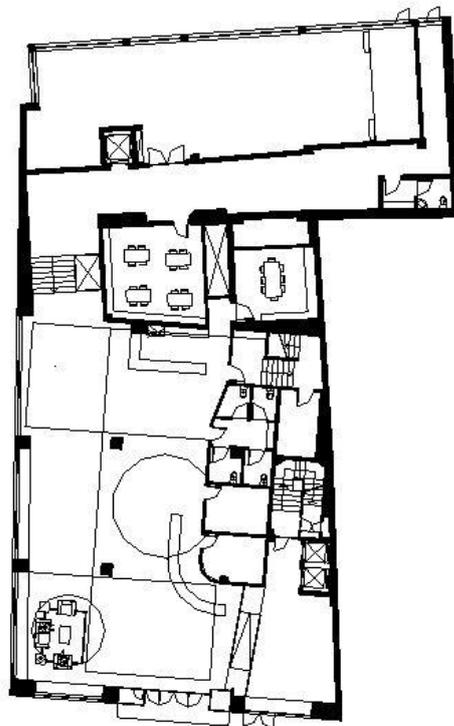


Figura 11 - Planta piso 0.

Piso Galerias, um piso intermédio entre o piso 0 e o piso 1, constituído por 17 quartos e as respetivas instalações sanitárias associadas, duas zonas técnicas, corredores e circulações.

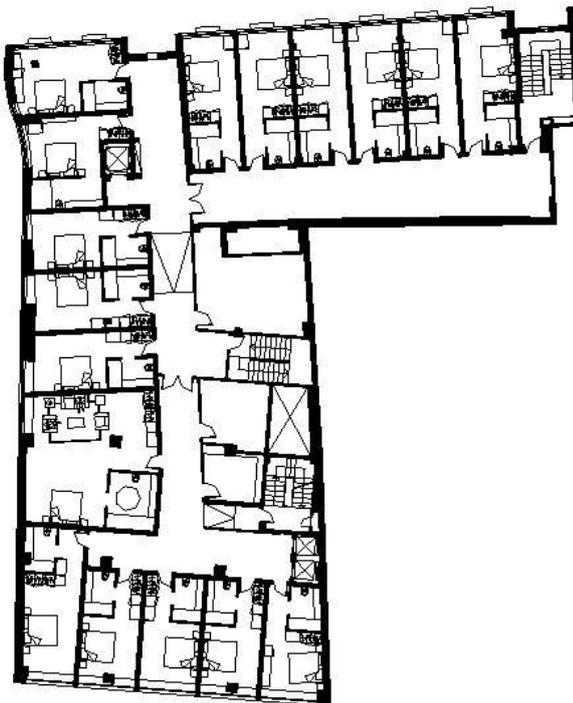


Figura 12 - Planta piso Galerias.

Piso 1, constituído por 16 quartos e as respetivas instalações sanitárias associadas, piso onde se efetua a divisão em 2 blocos. Possui um pátio exterior, uma zona técnica e uma circulação que dá acesso desde o piso 0 até ao bloco pequeno do piso 1 e do piso 2.

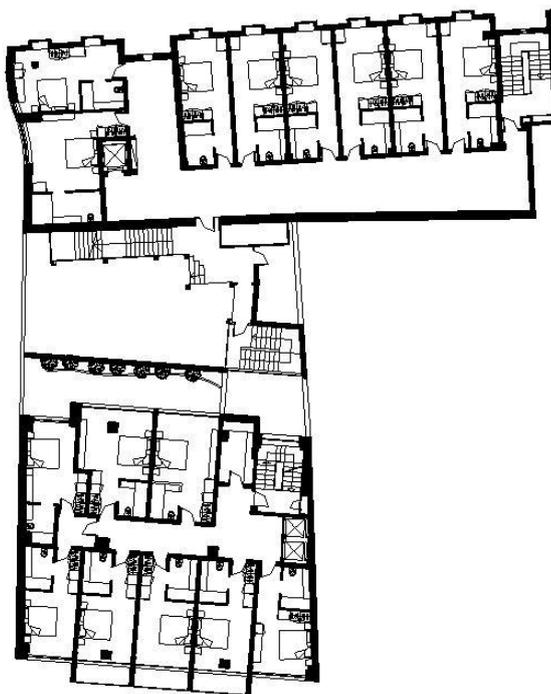


Figura 13 - Planta piso 1.

Piso 2, possui 8 quartos e as respectivas instalações sanitárias associadas e uma copa no bloco grande, um pátio exterior, uma zona técnica, um bar uma instalação sanitária e um terraço exterior.



Figura 14 - Planta do piso 2.

Piso 3 a 6, Pisos idênticos entre si (apenas bloco grande), constituídos por 8 quartos e as respectivas instalações sanitárias associadas, uma circulação e uma copa.

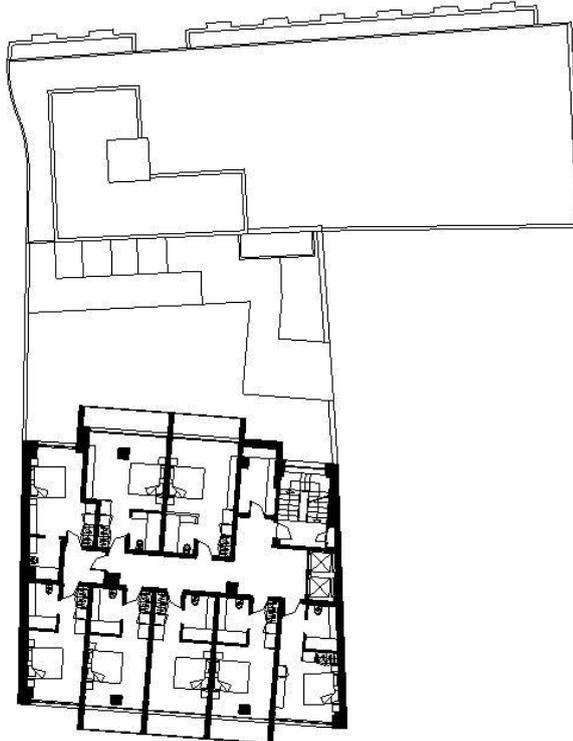


Figura 15 - Planta dos pisos 3 a 6.

Piso 7, é um piso não existente e construído de novo. É constituído por 8 quartos e as respetivas instalações sanitárias associadas, uma copa e um corredor de circulação.

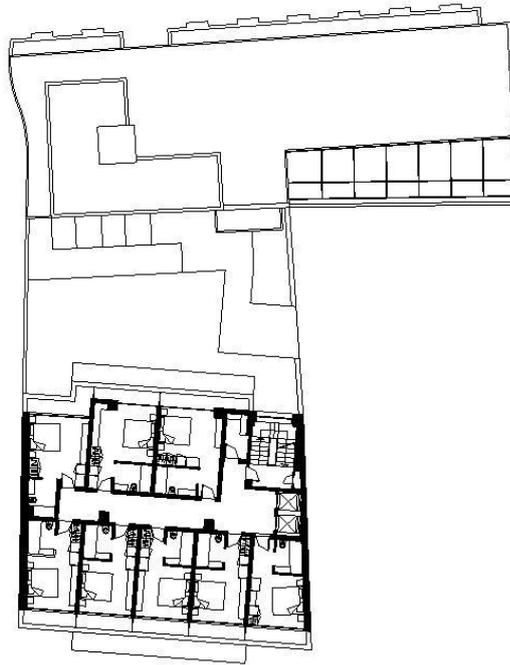


Figura 16 - Planta do piso 7.

De acordo com o Manual SCE, para a DEE, foi necessário classificar os espaços constituintes como espaços interiores úteis (EU) ou espaços interiores não úteis (ENU). EU's são aqueles que apresentam condições de referência que, para o efeito de cálculo das necessidades energéticas, se assumam como climatizados de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico. São também considerados EU's espaços que, apesar de normalmente não climatizados, apresentem uma densidade de ocupação superior a 0.025 ocupantes/m² e simultaneamente, apresentem presença humana registada, em média, por mais de duas horas por dia [11]. Os ENU's são aqueles que não apresentam ocupação humana permanente prevista e que não são climatizados para conforto térmico.

De modo a realizar uma correta descrição e identificação do edifício foi necessário identificar os espaços constituintes tendo em conta a sua tipologia (EU ou ENU), área total, pé direito e tipo de atividade. Na Tabela 64 do Anexo 1, encontra-se a identificação e descrição de cada espaço constituinte deste edifício.

Segundo o Decreto-Lei n° 101-D/2020, um edifício de comércio e serviços pode ser considerado um GES quando a sua área de pavimento útil (soma das áreas de todos os EU, aqui identificados na Tabela 64 do Anexo 1) não considerando os espaços interiores não úteis, iguala ou ultrapassa os 1000 m², ou os 500 m² no caso de conjuntos comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas,

caso contrário o edifício é considerado um Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES). Pela consulta da Tabela 64 do Anexo 1, a área útil de pavimento obtida foi de 3840.87 m^2 , pelo que, este edifício é classificado como um GES.

3.1. ZONEAMENTO CLIMÁTICO

A avaliação do DEE depende do clima e das variáveis que o influenciam, sendo que, o zoneamento climático baseia-se na Nomenclatura das unidade territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III, em função do concelho em que se localiza o edifício em estudo. Deste modo, este é caracterizado em função da sua zona climática de inverno (I1, I2 e I3) e verão (V1, V2 e V3), o que define os requisitos aplicáveis no cumprimento dos requisitos de qualidade térmica da envolvente.

O caso de estudo situa-se no Concelho do Porto, e como tal, o NUT III corresponde ao Grande Porto, de acordo com a Tabela 116 do Anexo II do Manual SCE.

Nos subcapítulos seguintes foi determinada a zona climática de inverno e de verão, segundo a metodologia descrita no Manual SCE, sendo necessário determinarem-se o número de graus-dias (GD) na estação de aquecimento, na base dos $18 \text{ }^\circ\text{C}$ e a temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext.v}$), para depois determinar as zonas climáticas de verão e de inverno de acordo com Tabela 14. Os valores determinados foram de 1174.8 GD e $20.9 \text{ }^\circ\text{C}$ para $\theta_{ext.v}$, o que corresponde uma zona climática de inverno de I1 e uma zona climática de verão de V2.

Tabela 14 - Zona climática de inverno e verão [11].

Critério	$\text{GD} \leq 1300 \text{ }^\circ\text{C}$	$1300 \text{ }^\circ\text{C} < \text{GD} \leq 1800 \text{ }^\circ\text{C}$	$\text{GD} > 1800 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática inverno	I1	I2	I3
Critério	$\theta_{ext.v} \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \text{ }^\circ\text{C} < \theta_{ext.v} \leq 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_{ext.v} > 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática verão	V1	V2	V3

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

A envolvente de um edifício diz respeito ao conjunto de elementos construtivos que separam a área útil do exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos locais não aquecidos, ENU's e do solo [17]. A envolvente é constituída essencialmente por elementos opacos (paredes, pavimentos e coberturas) e elementos envidraçados (janelas, claraboias), sendo necessário realizar a caracterização de ambos.

3.2.1. CONDIÇÕES DE FRONTEIRA

Uma vez classificados todos os espaços quanto à sua tipologia, de seguida foi necessário estabelecer as condições de fronteira de modo a quantificar as trocas térmicas entre os EU's e os demais

espaços e ambientes, bem como estabelecer o cumprimento dos requisitos da envolvente descritos anteriormente no ponto 2.1.1.1. Na Tabela 15, encontram-se as condições de fronteira aplicáveis em função do coeficiente de redução de perdas (b_{ztu}).

Tabela 15 - Condições fronteira em edifícios de habitação e de comércio e serviços [11].

Condição fronteira	Elementos que separam o espaço interior útil
Exterior	Do ambiente exterior
Interior com $b_{ztu} > 0.7$	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} > 0.7$
	De zonas de circulação comum com $b_{ztu} > 0.7$
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} > 0.7$
Interior com $b_{ztu} \leq 0.7$	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} \leq 0.7$
	De zonas de circulação comum com $b_{ztu} \leq 0.7$
	De edifícios adjacentes
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} \leq 0.7$
Sem trocas térmicas	De frações vizinhas da habitação
Solo	De elementos que contactam com o solo

Para a quantificação das trocas térmicas por um elemento com condição fronteira interior, são necessárias as temperaturas dos dois espaços separados por este. Deste modo, deve seguir-se a metodologia da norma EN ISO 13789, onde o b_{ztu} é calculado de acordo com a equação (9), onde θ_{int} é a temperatura interior do EU [°C], θ_{enu} é a temperatura do ENU [°C] e θ_{ext} é a temperatura ambiente exterior [°C].

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (9)$$

Uma vez que não foi possível saber com precisão o valor de θ_{enu} , a determinação do b_{ztu} é efetuada através da consulta da Tabela 16, onde A_i representa o somatório das áreas dos elementos de todas as frações de habitação e comércio e serviços que separam um EU de um ENU [m^2], A_u é o somatório das áreas dos elementos que separam um ENU do ambiente exterior [m^2], V_{enu} é o volume ENU [m^3], f representa o caso em que o ENU tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, e F representa o caso em que o ENU é permeável ao ar devido à presença de aberturas de ventilação permanentemente abertas.

Tabela 16 - Valores do coeficiente de redução (b_{ztu}) [11]

b_{ztu}	$V_{enu} \leq 50 m^3$		$50 m^3 < V_{enu} \leq 200 m^3$		$V_{enu} > 200 m^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0.5$	1.0					
$0.5 \leq A_i/A_u < 1.0$	0.7	0.9	0.8	1.0	0.9	1.0
$1.0 \leq A_i/A_u < 2.0$	0.6	0.8	0.7	0.9	0.8	1.0
$2.0 \leq A_i/A_u < 4.0$	0.4	0.7	0.5	0.9	0.6	0.9
$A_i/A_u \geq 4.0$	0.3	0.5	0.4	0.8	0.4	0.8

Deste modo, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores dos b_{ztu} dos diferentes ENU's obtidos.

ENU	Designação	Piso	Volume [m^3]	A_i [m^2]	A_u [m^2]	A_i/A_u	f/F	b_{ztu}
ENU 1	Estacionamento	-1	1414.73	192.29	0	∞	F	0.8
ENU 2	Zona técnica 1	-1	26.05	0	0	∞	f	0.8
ENU 3	Zona técnica 2	-1	98.00	0	0	∞	f	0.8
ENU 4	Zona técnica 2	-1	50.23	0	0	∞	f	0.8
ENU 5	Zona técnica 3	-1	57.23	0	0	∞	f	0.8
ENU 6	Zona técnica 4	-1	10.92	3.34	0	∞	f	0.3
ENU 7	Sala de máquinas 1	-1	13.08	9.05	0	∞	f	0.3
ENU 8	Sala de máquinas 2	-1	69.26	24.12	0	∞	f	0.4
ENU 9	Arrumos	-1	50.82	18.17	0	∞	f	0.4
ENU 10	Sala segurança	-1	20.11	11.20	0	∞	f	0.3
ENU 11	Antecâmara elevadores	2	31.29	15.27	12.92	1.18	f	0.6
ENU 12	Antecâmara elevadores	2	34.45	11.88	30.28	0.39	f	0.7
ENU 13	Zona técnica	2	96.60	38.73	43.15	0.90	f	0.8
ENU 14	Zona técnica	2	12.88	9.08	12.67	0.72	f	0.7
ENU 15	I.S	2	68.60	55.24	17.44	3.17	f	0.5
ENU 16	Corete	-1	23.44	31.54	0	∞	f	0.3
ENU 17	Zona técnica	0	48.10	31.25	0	∞	f	0.3
ENU 18	Zona técnica	G	78.09	76.02	16.64	4.57	f	0.4
ENU 19	Zona técnica	G	36.71	46.18	11.05	4.18	f	0.3
ENU 20	Desvão cobertura	7	78.62	111.20	121.37	0.92	f	0.8
ENU 21	Escadas	G	111.49	48.95	1.32	1.32	f	0.7

Uma vez determinado o valor do b_{ztu} e cruzado com a informação da Tabela 15, foram então definidas todas as condições de fronteira aplicáveis aos elementos deste edifício. No Anexo 2, é apresentada a delimitação das envolventes. Este processo auxilia posteriormente a transposição destas condições de fronteira para o *software* de simulação dinâmica. Para a delimitação das envolventes foi necessário seguir-se o código de cores definido e que é apresentado na Tabela 18, assim como o respetivo traçado apresentado na Figura 17.

Tabela 18 – Cores definidas para a marcação da envolvente [11].

Código de cores (RGB)	Condição fronteira
 (255,0,0)	Exterior
 (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0.7$
 (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0.7$
 (0,255,0)	Sem trocas térmicas
 (0,255,255)	Solo



a)



b)

Figura 17 - Traçado para a marcação de: a) pavimentos; b) coberturas [11]

3.2.2. ENVOLVENTE OPACA

No que concerne à envolvente opaca, para a sua caracterização, é necessário determinarem-se as resistências térmicas dos seu elementos constituintes. A resistência térmica de um material ou elemento construtivo (R_j [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]) representa a capacidade desse material resistir ou permitir a transferência de calor através dele, e é dada pela equação (10)., sendo que d_j representa a espessura da camada do material j [m] e λ_j a condutibilidade térmica da camada j [$W/(m \cdot ^\circ C)$].

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (10)$$

Para a determinação da resistência térmica total (R_{tot}) de um elemento construtivo (como por exemplo um parede) utilizou-se a equação (11), em que R_{Si} e R_{Se} representam a resistência térmica superficial interior e exterior respetivamente, sendo este valores obtidos pela consulta da Tabela 19.

$$R_{tot} = R_{Si} + \sum_j R_j + R_{Se} \quad (11)$$

Tabela 19 - Resistências térmicas superficiais [11].

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [$m^2 \cdot ^\circ C / W$]	
	Interior (R_{Si})	Exterior (R_{Se})
Horizontal	0.13	0.04
Ascendente	0.10	
Descendente	0.17	

Posto isto, nos subcapítulos seguintes é efetuada caracterização e verificação do cumprimento de requisitos dos elementos da envolvente opaca exterior, interior e em contacto com o solo.

3.2.2.1. ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR

A envolvente opaca exterior por se tratar de uma grande renovação, excetuando os elementos construtivos constituintes do piso 7 (piso novo), podem ser utilizados os valores dos coeficientes de transmissão térmica da Tabela 65 e da Tabela 66 do Anexo 3, relativos a paredes, pavimentos e coberturas existentes. Esta simplificação é possível uma vez que não foram fornecidos pormenores construtivos, para além do isolamento e o acabamento final de cada elemento construtivo. Assim na ausência de melhor informação devem ser utilizados estes valores [11]. De notar que estes valores correspondem a elementos com condição fronteira exterior e incluem os valores das resistências térmicas superficiais interiores e exteriores.

Assim sendo no Anexo 4, é apresentada a constituição de todos os elementos da envolvente opaca com condição de fronteira exterior, sendo que na Tabela 20 é feita a verificação do cumprimento dos requisitos inerentes a estes elementos construtivos. De notar que para efeitos da contabilização das pontes térmicas planas (PTP), com a exceção de edifício novos, pode ser considerado um agravamento de 35 % do valor de U dos elementos da envolvente opaca. Esta majoração não deve ser considerada no elementos construtivos do piso 7, uma vez que este é um piso novo.

Tabela 20 - Tabela resumo dos valores do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca exterior.

Solução construtiva	Coefficiente global de transferência de calor, U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Requisito	Cumpre/Não cumpre
Pext1	0.58	0.70	Cumpre
Pext2	0.39	0.70	Cumpre
Cobext1	0.46	0.50	Cumpre
Cobext2	0.43	0.50	Cumpre
Cobext3	0.43	0.50	Cumpre
Pavext1	0.47	0.50	Cumpre

3.2.2.2. ENVOLVENTE OPACA INTERIOR

A envoltente opaca interior é também ela constituída por paredes, coberturas e pavimentos, que fazem a separação dos EU's dos ENU's. No Anexo 5 encontra-se a constituição destes elementos construtivos, sendo que na Tabela 21 é apresentado um resumo da verificação dos requisitos destes elementos construtivos. De notar que também aqui foram utilizados os valores do Anexo 3, relativos aos elementos construtivos existentes, fazendo apenas a correção das resistências térmicas superficiais, substituindo a resistência térmica superficial exterior por uma resistências térmica superficial interior.

Tabela 21 - Tabela resumo dos valores do coeficiente de transmissão térmica da envoltente opaca interior.

Solução construtiva	Coefficiente global de transferência de calor, U [W/m ² .°C]	Requisito	Cumpre/Não cumpre
Pint1	0.62	0.70	Cumpre
Cobint1	0.49	0.50	Cumpre
Cobint2	0.43	0.50	Cumpre
Pavint1	0.45	0.50	Cumpre

3.2.2.3. ENVOLVENTE OPACA EM CONTACTO COM O SOLO

A envoltente opaca em contacto com o solo, tal como constatado na Tabela 1 não apresenta a obrigatoriedade do cumprimento de requisitos ao nível do coeficiente de transmissão térmica, porém a sua caracterização é pertinente e necessária para a simulação dinâmica do comportamento térmico do edifício no *Hourly Analysis Program* (HAP), pelo que a sua descrição e caracterização encontra-se no Anexo 6.

3.2.3. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

A envoltente envidraçada é constituída essencialmente pelos vãos envidraçados que representam uma área envidraçada igual ou superior a 25% da sua área total [11]. Os vãos envidraçados são compostos pela junção de um vidro e um caixilho, o que leva a que estes apresentem um comportamento térmico distinto da envoltente opaca, permitindo uma maior capacidade de captar ganhos térmicos por radiação, e ao mesmo tempo realizar trocas térmicas por efeitos de condução e convecção. A caracterização de um vão envidraçado é efetuada através do seu coeficiente de transmissão térmica U_W [W/m².°C]; e do seu fator solar g_{tot} , em que o primeiro caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que o vão separa e o segundo quantifica a fração da radiação solar incidente

numa superfície transparente e que é transmitida de forma direta ou indireta para o interior do espaço que o vão serve.

3.2.3.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

O valor de U_W é determinado através das equações (12) ou (13), no caso de se tratar de vidro com ou sem área opaca respetivamente, em que A_g diz respeito à área transparente [m^2], U_g é o coeficiente de transmissão térmica da área transparente [$W/m^2 \cdot ^\circ C$], A_f é a área do caixilho [m^2], U_f é o coeficiente de transmissão térmica do caixilho [$W/m^2 \cdot ^\circ C$], A_{po} é a área opaca [m^2], U_{po} é o coeficiente de transmissão térmica da área opaca [$W/m^2 \cdot ^\circ C$], l_g é desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho [m], Ψ_g é o coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho [$W/m \cdot ^\circ C$], l_{po} é o desenvolvimento linear da ligação da área opaca com o caixilho [m], Ψ_{po} é o coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área opaca com o caixilho [$W/m \cdot ^\circ C$], l_{gb} é o desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar [m] e Ψ_{gb} é o coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar [$W/m \cdot ^\circ C$].

$$U_W = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_{po} \cdot U_{po} + \sum l_g \cdot \Psi_g + \sum l_{po} \cdot \Psi_{po} + \sum l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w} \quad (12)$$

$$U_W = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g + \sum l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w} \quad (13)$$

Posto isto, de modo a caracterizar os vão envidraçados, numa primeira fase foi necessário construir um mapa de vãos, em que em função da orientação, das dimensões de cada vão, e do tipo de proteção solar utilizado em cada um, foi atribuída uma numeração diferente para cada vão, resultando um total de 43 tipos de vão diferentes, tal como verificado na Tabela 78 do Anexo 7. De notar que não foi considerado o tipo de vidro, uma vez que a indicação fornecida pelos responsáveis do projeto de arquitetura foi de considerar o mesmo tipo de vidro para cada vão, não estando por isso ainda definido qual o vidro a utilizar. Assim sendo, para este estudo, o vidro foi selecionado através da utilização do *software Calumen*, onde o único dado de entrada introduzido foi para que este fosse adequado para hotéis. Com base neste pressuposto, o *software* indicou a utilização de um vidro cujas principais características estão presentes na Tabela 22. A ficha técnica do vidro pode ser analisada no Anexo 9.

Tabela 22 - Principais características do vidro selecionado.

Coefficiente de transmissão térmica U_g [W/m ² . °C]	1.30
Fator solar $g_{\perp,vi}$	0.37

A caixilharia utilizada também não se encontrava definida pelos responsáveis do projeto de arquitetura, porém foi fornecida a indicação para considerar a utilização de um sistema *Kristal* em alumínio da marca *Anicolor*. As principais características deste tipo de caixilharia encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23 - Principais características da caixilharia utilizada [18].

Coefficiente de transmissão térmica U_f [W/m ² . °C]	1.69
Classe de permeabilidade ao ar	4

Assim sendo, uma vez que o vidro utilizado não apresenta área opaca, a equação (13) é utilizada para a determinação do valor de U_w . Para determinar os valores das áreas, é necessário saber qual o valor da fração envidraçada, para isso recorreu-se os valores da Tabela 24, em que como se trata de vãos com caixilharias em alumínio e sem quadrícula, o valor da fração envidraçada a adotar é de 0.7.

Tabela 24 - Fração envidraçada [11].

Caixilharia	F_g	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Sem caixilho	1.00	
Metal (Alumínio e aço)	0.70	0.60
PVC e madeira	0.65	0.57
Fechada-cortina de alumínio ou aço	0.90	

Uma vez determinada a fração solar, é necessário determinar o valor de Ψ_g . Para isso recorre-se aos valores da Tabela 25, em que o valor de Ψ_g obtido é de 0.08 W/m. °C.

Tabela 25 - Valores do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ para as diferentes ligações vidro/caixilho [11].

Tipo de vidro	Ψ_g [W/m. °C] em função do tipo de caixilho		
	Madeira ou PVC	Metálica com corte térmico	Metálica sem corte térmico
Vidro duplo ou triplo não revestido (lâmina de ar ou gás)	0.06	0.08	0.02
Vidro duplo ou triplo com $\epsilon \leq 0.20$ (lâmina de ar ou gás)	0.08	0.11	0.05
Vidro Simples	0		

Visto que os vãos não possuem quadrícula, estão assim definidos os parâmetros necessários para o cálculo do valor de U_W . De notar ainda que, nos espaços com dormida, e com dispositivos de proteção móveis, passa a assumir-se o valor do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite (U_{WDN}), que corresponde a que em metade do tempo os dispositivos de proteção solar estejam desativados e na restante metade estes encontram-se ativados [5]. O valor de U_{WDN} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] é obtido através da equação (14), em que U_{WS} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] diz respeito ao coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados e é determinado pela equação (15), em que ΔR [$m^2 \cdot ^\circ C/W$] é o acréscimo da resistência térmica devido ao dispositivo de proteção solar e ao espaço de ar, sendo obtido pela consulta da Tabela 26, em função do tipo de proteção solar utilizado em cada vão, tal como especificado na Tabela 78 do Anexo 7.

$$U_{WDN} = \frac{U_W + U_{WS}}{2} \quad (14)$$

$$U_{WS} = \frac{1}{\frac{1}{U_W} + \Delta R} \quad (15)$$

Tabela 26 - Resistência térmica adicional do vão envidraçado devido ao dispositivo de proteção ativado [11].

Dispositivo de proteção solar (Fluxo horizontal)		$\Delta R [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
Cortinas e lonas		0,08
Estore veneziano de lâminas		0,08
Persiana	Réguas de madeira	0,16
	Réguas metálicas	0,12
	Réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19
	Réguas plásticas sem preenchimento de isolante	0,16
Portada	Réguas	0,08
	Opaca de madeira (outras espessuras)	0,16
	Opaca de madeira com 25 a 30 mm de espessura	0,22
	Opaca de plástico com preenchimento de isolante	0,19
	Opaca de plástico sem preenchimento de isolante	0,16
	Opaca metálica	0,12

Uma vez calculados os valores de U_W e de U_{WDN} foi possível compará-los com os valores limite impostos pela legislação para a zonas climática I1, descritos na Tabela 2. Desta maneira, na Tabela 79 do Anexo 8 encontra-se o cálculo e verificação do cumprimento de requisitos de todos os vãos envidraçados, verificando-se que todos eles encontram-se regulamentares no que diz respeito ao coeficiente de transmissão térmica.

3.2.3.2. FATOR SOLAR

Relativamente ao fator solar, depois de obtido o valor de $g_{\perp,vi}$, foi necessário, nas situações em que os vãos envidraçados apresentem dispositivos de proteção solar totalmente ativados, obter o valor de g_{tot} de acordo com as equações (16) e(17), em função de se tratar de vidro simples ou vidro duplo respetivamente, em que o valor de g_{tot,vc_i} é obtido através da Tabela 27, em função do tipo de proteção solar utilizado em cada vão. O produtório é calculado considerando todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaca, inclusive.

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,85} \quad (16)$$

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,75} \quad (17)$$

Tabela 27 - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar [11].

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,pci}$					
		Vidro Simples $g_{\perp,vi} = 0.85$			Vidro Duplo $g_{\perp,vi} = 0.75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Dispositivos de proteção exteriores							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0.14	0.14	0.14	0.09	0.09	0.09
Lona muito transparente	Não	0.21	0.23	0.25	0.16	0.18	0.20
Lona opaca	Não	0.07	0.09	0.12	0.04	0.06	0.08
Lona pouco transparente	Não	0.14	0.17	0.19	0.10	0.12	0.14
Persiana de réguas metálicas	Sim	0.05	0.08	0.10	0.04	0.05	0.07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0.07	0.10	0.13	0.04	0.07	0.09
Portada de lâminas fixas	Não	0.14	0.14	0.14	0.09	0.09	0.09
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0.07	0.10	0.13	0.04	0.07	0.09
Portada opaca	Sim	0.04	0.07	0.09	0.03	0.05	0.06
Dispositivos de proteção interiores							
Cortina ligeiramente transparente	Não	0.36	0.46	0.56	0.38	0.47	0.56
Cortina muito transparente	Não	0.70			0.63		
Cortina opaca	Sim	0.33	0.44	0.54	0.37	0.46	0.55
Cortina transparente	Não	0.38	0.48	0.58	0.39	0.48	0.58
Estore de lâminas	Não	0.45	0.56	0.65	0.47	0.59	0.69
Persiana	Sim	0.35	0.45	0.57	0.40	0.55	0.65
Portada de lâminas fixas	Não	0.45	0.56	0.65	0.47	0.59	0.69
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0.35	0.45	0.57	0.40	0.55	0.65
Portada opaca	Sim	0.30	0.40	0.50	0.35	0.46	0.58
Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	Não				0.28	0.34	0.40

Uma vez determinado o valor de g_{tot} , de modo a verificar a condição da equação (1) foi necessário determinar os valores do fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado (F_0) e o fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado (F_f).

Assim sendo, o valor de F_0 é obtido através da consulta da Tabela 28 e da Tabela 29 para a estação de aquecimento e arrefecimento respetivamente, em função da orientação do vão e do ângulo (θ) entra paralela ao vão envidraçado e a linha que une o centro deste e a extremidade do elemento de

sombreamento, de acordo com o esquema da Figura 18. No caso do valor de θ ser diferente dos valores de entrada da Tabela 28 e da Tabela 29, realiza-se uma interpolação linear para obter o valor de F_0 .

Tabela 28 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento [11].

Ângulo	Portugal Continental e RAA					Região Autónoma da Madeira				
	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	1	0.94	0.84	0.76	0.73	1	0.92	0.82	0.68	0.45
45°	1	0.90	0.74	0.63	0.59	1	0.88	0.72	0.60	0.56
60°	1	0.85	0.64	0.49	0.44	1	0,83	0.62	0.48	0.43

Tabela 29 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento .

Ângulo	Portugal Continental e RAA					Região Autónoma da Madeira				
	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0.98	0.86	0.75	0.68	0.63	0.97	0.84	0.74	0.69	0.68
45°	0.97	0.78	0.64	0.57	0.55	0.95	0.76	0.63	0.60	0.62
60°	0.94	0.70	0.55	0.50	0.52	0.92	0.68	0.55	0.54	0.60

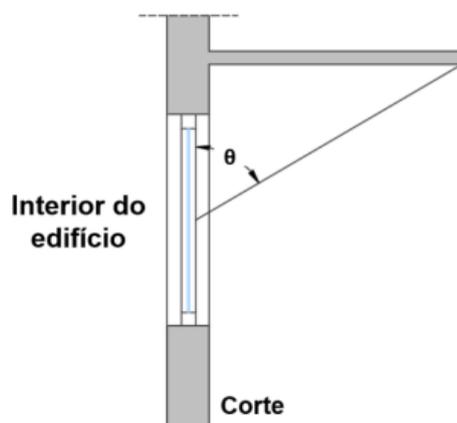


Figura 18 - Ângulo por elementos horizontais [11].

Tendo em consideração a perspetiva do interior do edifício, o valor de F_f é determinado tendo em conta a posição do elemento de sombreamento, seja à direita ou à esquerda. A medição do ângulo deve ser feita entre a linha paralela ao vão envidraçado e a linha que liga o centro deste último com a extremidade do elemento de sombreamento, conforme ilustrado na Figura 19.

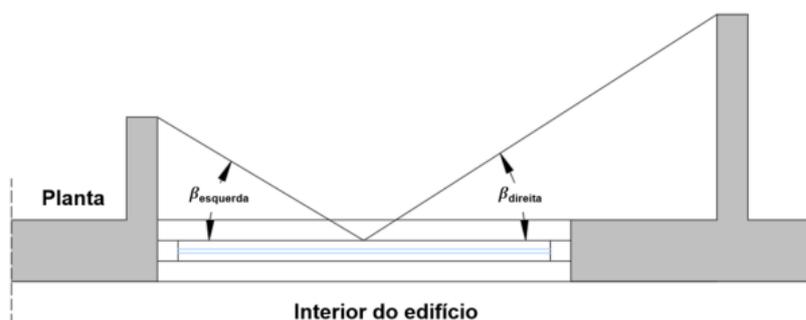


Figura 19 - Ângulos por elementos verticais [11].

Em situações em que existam sombreamentos nas duas posições, devem ser determinados os fatores de sombreamento para cada uma das posições, sendo que o valor final do F_f é dado pela equação (18), em que $F_{f,direita}$ representa o fator de sombreamento provocado pelo elemento opaco vertical à direita e $F_{f,esquerda}$ representa o fator de sombreamento provocado pelo elemento opaco vertical à esquerda.

$$F_f = F_{f,direita} \cdot F_{f,esquerda} \quad (18)$$

Os valores são assim determinados recorrendo à Tabela 30 e à Tabela 31, para as estações de aquecimento e arrefecimento respetivamente.

Tabela 30 - Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento [11].

Posição da pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Pala à esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	1	0,97	0,93	0,91	0,87	0,89
	45°	1	1	1	0,95	0,88	0,86	0,80	0,84
	60°	1	1	1	0,91	0,83	0,79	0,72	0,80
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,89	0,87	0,91	0,93	0,97	1	1
	45°	1	0,84	0,80	0,86	0,88	0,95	1	1
	60°	1	0,80	0,72	0,79	0,83	0,91	1	1

Tabela 31 - Fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento [11]

.Posição da pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Pala à esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	0.96	0.91	0.91	0.96	0.95	0.86
	45°	1	1	0.96	0.85	0.87	0.95	0.93	0.78
	60°	1	1	0.95	0.77	0.84	0.93	0.88	0.69
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0.86	0.95	0.96	0.91	0.91	0.96	1
	45°	1	0.78	0.93	0.95	0.87	0.85	0.96	1
	60°	1	0.69	0.88	0.93	0.84	0.77	0.95	1

Uma vez determinados os valores dos F_0 e de F_f para todos os vãos envidraçados, efetua-se uma análise comparativa entre o valor de g_{tot} obtido e o valor de $g_{tot,máx}$. Na Tabela 32, foram calculadas as somas das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior por orientação, de modo a verificar a condição da equação (1), observando-se que na orientação SO o rácio das áreas é superior a 30%, pelo que se utilizou a condição da equação (2) de modo a determinar o valor de $g_{tot,máx,corrigido}$ que passa a ser o novo requisito. De destacar que os envidraçados voltados a NE não apresentam a necessidade do cumprimento do requisito do fator solar, devido a estarem inseridos no quadrante norte e que o edifício não apresenta envidraçados na orientação NO, pelo que não foi necessário realizar a verificação nestas orientações.

Tabela 32 - Cálculo das áreas de envidraçado das fachadas.

Orientação	$A_{env,fac}$ [m ²]	A_{fac} [m ²]	$A_{env,fac}/$ A_{fac} [%]	$g_{tot,máx}$	$g_{tot,máx,corrigido}$
SE	108.36	670.24	16.17	0.56	0.56
SO	311.15	699.52	44.48	0.56	0.37

Posto isto, na Tabela 80 do Anexo 10 são realizados todos os cálculo de modo a determinar o valor de g_{tot} , constatando-se que todos os vãos envidraçados encontram-se regulamentares no que respeita a este requisito.

3.3. DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS MÍNIMOS DE AR NOVO

Os sistemas de ventilação desempenham um papel importante nos edifícios de comércio e serviços, sendo responsáveis por garantir a qualidade e o conforto do ar interior. Existem vários tipos de ventilação, sendo estes classificados como ventilação natural, ventilação mecânica e ventilação mista.

Neste projeto, nos subcapítulos seguintes, será feita uma abordagem à determinação dos caudais mínimos de ar novo, à estratégia de ventilação adotada, bem como aos equipamentos utilizados.

3.3.1. DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS MÍNIMOS DE AR NOVO

Os caudais mínimos de ar novo são determinados de acordo com a metodologia e requisitos descritos no subcapítulo 2.1.1.3.

Uma vez determinado o caudal de ar novo mínimo, é necessário, no caso de um sistema de ventilação mecânica, corrigir o valor com a eficácia de remoção de poluentes (ε_v), segundo a equação (19), obtendo-se assim o caudal de ar mínimo em espaços dotados de ventilação mecânica (Q_{ANF}). Os valores de ε_v são obtidos através da consulta da Tabela 68 do Manual SCE, para as várias configurações da distribuição de ar na zona, sendo adotada uma eficiência de 0.8.

$$Q_{ANF} = \frac{Q_{AN,min}}{\varepsilon_v} \quad (19)$$

Posto isto, na Tabela 81 e na Tabela 82 do Anexo 11 encontra-se a determinação dos caudais mínimos de ar novo para cada espaço de acordo com os requisitos aplicáveis (foi utilizado o método prescritivo).

Depois de determinados os caudais realizou-se o somatório dos valores de insuflação e exaustão mínimos por piso e bloco, cujos totais são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 - Valores do somatório de insuflação e extração de ar por piso/bloco.

Piso	Caudais mínimos de ar novo [m ³ /h]	Caudais de extração [m ³ /h]	Balço [m ³ /h]
-1	3600	376	3224
0	3465.53	1050	2415.53
G	680	869.01	-189.01
1 Pequeno	320	403.69	-83.69
1 Grande	320	360	-40
2 Grande	320	360.05	-40.05
3	320	360.05	-40.05
4	320	360.05	-40.05
5	320	360.05	-40.05
6	320	360.05	-40.05
7	320	363.46	-43.46

Constatou-se que os valores de insuflação e de extração de ar não se encontravam balanceados, sendo por isso necessário adotar uma estratégia de balanceamento destes caudais com o objetivo de que o balanço por piso fosse neutro. De notar que o valor de caudais de extração está inerente a espaços que por obrigação legislativa apresentam requisitos mínimos, tais como instalações sanitárias.

Para o efeito, uma das estratégias adotadas foi balancear cada quarto com a respetiva instalação sanitária associada, permitindo assim ter os diferentes pisos dos dois blocos balanceados. O mesmo princípio foi utilizado nos espaços 0.21 Sala de eventos, 0.17 Sala de administração, 0.16 Sala de reuniões 0.01 Atrium de entrada e -1.19 Sala de refeições em que é exaurido o mesmo caudal que o ar insuflado nestes espaços. Na Tabela 83 Anexo 12 encontram-se os valores dos caudais de ar novo e de extração determinados para cada espaço de modo a balancear os pisos/blocos. Na Tabela 34 é apresentada uma atualização da Tabela 33, verificando-se que todos os pisos/blocos estão balanceados excetuando os pisos 0 e -1. No piso 0, o valor negativo deve-se ao somatório das instalações sanitárias com um funcionamento independente e não contínuo, não havendo assim necessidade de as incluir no balanceamento do piso. No piso -1 o valor negativo é devido à presença dos balneários, em que na ausência de espaços que necessitem de ar novo e no facto do caudal de ar novo da sala de refeições ser demasiado elevado, foi também tomada a decisão de não incluir estes espaços no balanceamento.

Tabela 34 – Atualização dos valores do somatório de insuflação e extração de ar por piso/bloco

Piso	Insuflação [m ³ /h]	Extração [m ³ /h]	Balanço [m ³ /h]
-1	3600	3980	-380
0	3475	3925	-450
G	920	920	0
1 Pequeno	430	430	0
1 Grande	360	360	0
2 Grande	365	365	0
3	365	365	0
4	365	365	0
5	365	365	0
6	365	365	0
7	365	365	0

3.3.2. SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO

Depois de determinados os valores de caudal de ar a insuflar e exaurir em cada espaço, foi necessário fazer uma divisão e agrupamento dos vários pisos e blocos, de modo a proceder à seleção dos equipamentos de ventilação. Foi determinado no projeto de AVAC (realizado pela TYHKE) que as máquinas de ventilação seriam interiores do modelo *Topvex* da *System air*, tal como representado na Figura 20.



Figura 20 - Aspeto exterior da máquina de ventilação modelo *Topvex* da *System Air* [19].

Na Tabela 35 encontra-se um resumo dos pisos/blocos agrupados e a designação da máquina responsável para cada um destes grupos. De notar que os equipamentos V1 e V2 dizem respeito a ventiladores de extração independentes.

Tabela 35 - Divisão dos equipamentos de ventilação.

Equipamento	Grupo	Local de instalação	Insuflação [m ³ /h]	Extração [m ³ /h]
Q1	Pisos 5,6 e 7	5.04 Copa	1095	1095
Q2	Pisos 3 e 4	3.04 Copa	730	730
Q3	Bloco 1 e 2 Grandes Quartos 12 ao 17 do piso Galerias	G.06 Zona técnica	1060	1060
Q4	Bloco 1 pequeno Quartos 1 ao 11 do piso Galerias	G.08 Zona técnica	1015	1015
Serviços comuns	Espaços na zona da receção 0.16 Sala de reuniões 0.17 Sala de administração	0.14 Zona técnica	1550	1550
Sala de eventos	0.21 Sala de eventos	0.21 Sala de eventos	1925	1925
Refeitório	-1.19 Sala de refeições	-1.18 Apoio à cozinha	3600	3600
V1	-1.15 Balneários masculinos -1.16 Balneários femininos	Cobertura piso galerias	0	380
V2	Instalações sanitárias do piso 0	Cobertura piso Galerias	0	360

No Anexo 13, encontram-se as fichas técnicas das máquinas e ventiladores selecionados com base nas informações da Tabela 35. De notar que para as máquinas Q1, Q2, Q3 e Q4 o permutador de calor selecionado para a recuperação de calor é um permutador de placas, por este oferecer uma melhor estanquicidade entre o ar que está a ser insuflado e o ar que está a ser exaurido, ao passo que nas restantes máquinas (Serviços comuns, Sala de eventos, Refeitório) o permutador de calor é do tipo roda térmica, permitindo assim recuperação de calor latente.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO FIXA

A caracterização dos sistemas de iluminação fixa é uma etapa fundamental na avaliação do DEE, isto porque, por um lado representa uma fatia significativa nos consumos energéticos do edifício e por outro, uma lâmpada ou luminária quando acesa, parte da sua energia é transformada em energia luminosa enquanto que outra parte é transformada em energia térmica que é dissipada para o espaço que a lâmpada serve, contribuindo de forma significativa nos ganhos térmicos do edifício. De modo a proceder à caracterização destes sistemas é necessário conhecer a quantidade e potência das luminárias bem como o seu tipo e as potências dos sistemas de controlo. Estas informações são fornecidas no projeto de instalações elétricas, contudo no âmbito da realização desta dissertação, este projeto não foi disponibilizado, sendo por isso adotados os valores de densidade de potência e de iluminância de referência, de modo a que seja possível realizar a simulação dinâmica multizona do edifício, como é referido no subcapítulo 4.1.5.

Deste modo, foi utilizada a equação (20), que é utilizada no caso particular do espaço não possuir sistema de iluminação, em que a densidade de potência de iluminação instalada (DPI_{inst}) é dada em função da densidade de potência de iluminação máxima do espaço por 100 lx ($DPI_{100\text{ lx,máx}}$), obtida através da consulta da Tabela 7, e em função da iluminância média requerida no espaço ($E_{m\ req}$), obtida através do Anexo IV do Manual SCE em função do tipo do edifício, tarefa ou atividade.

$$DPI_{inst} = DPI_{100\text{ lx,máx}} \cdot \frac{E_{m\ req}}{100} \quad (20)$$

Assim sendo, na Tabela 84 do Anexo 14 encontra-se o cálculo efetuado na determinação dos DPI_{inst} de cada espaço, não sendo efetuada a verificação do cumprimento de requisitos uma vez que com o método de cálculo utilizado garante-se o cumprimento dos mesmos.

4. SIMULAÇÃO DINÂMICA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

A simulação dinâmica do edifício permite numa primeira fase determinar as cargas térmicas necessárias para manter uma temperatura de conforto em cada espaço interior do edifício, em função de vários *inputs*, tais como a caracterização de cada espaço (constituição e tipologia das envolventes, caudais de ar novo, ocupação, potências de iluminação, entre outros) e os dados climáticos. Numa segunda fase e após selecionados os equipamentos de climatização previstos para o edifício, é possível determinar os consumos associados ao edifício (climatização, ventilação, iluminação e outros equipamentos).

Assim sendo, neste capítulo, primeiramente foi explicada toda a metodologia e procedimento realizados para a obtenção das potências térmicas necessárias, bem como caracterizada a escolha dos equipamentos de climatização. Seguidamente foi efetuada a determinação dos consumos do edifício, tanto do edifício previsto como do edifício de referência, de modo a ser possível obter a classe energética do mesmo.

4.1. CÁLCULO DAS CARGAS TÉRMICAS

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou fornecida a um determinado ambiente ou espaço de modo a estabelecer condições de conforto. Ganhos térmicos são transferências de calor para o interior de um determinado espaço, provenientes de fontes externas ou internas, inerentes a processos ou atividades realizadas no mesmo. Numa unidade hoteleira, os principais ganhos térmicos de fontes internas ocorrem pela ocupação humana, iluminação e equipamentos elétricos, sendo que os ganhos térmicos de fontes externas ocorrem através da orientação das fachadas, devido à exposição solar, infiltrações e são influenciáveis pela constituição e tipologia da envolvente, resultando daí ganhos e perdas térmicas. Assim sendo, é fundamental o cálculo das potências térmicas necessárias, sendo para o efeito utilizado o *HAP*, que torna o processo mais rápido e intuitivo, pois permite analisar o edifício hora a hora durante um ano.

Posto isto, foi necessário estabelecer uma ordem de tarefas a realizar no *software* de maneira a organizar o trabalho e levar à mitigação de erros na inserção de informação, uma vez que o *software* não apresenta componente gráfica para a visualização do edifício. Na Figura 21, encontra-se o *workflow* utilizado na obtenção das cargas térmicas, que inicia-se com a definição dos parâmetros climáticos, seguindo-se a definição dos horários de funcionamento, a definição das envolventes exteriores opacas e envidraçadas bem como dos sombreamentos aplicáveis. Segue-se a definição dos sistemas de ventilação

e climatização e no fim o *software* disponibiliza os resultados. De destacar que este procedimento é o mesmo que se tem de efetuar posteriormente para a obtenção dos consumos do edifício, pelo que são também indicadas algumas das alterações a realizar para esse processo.

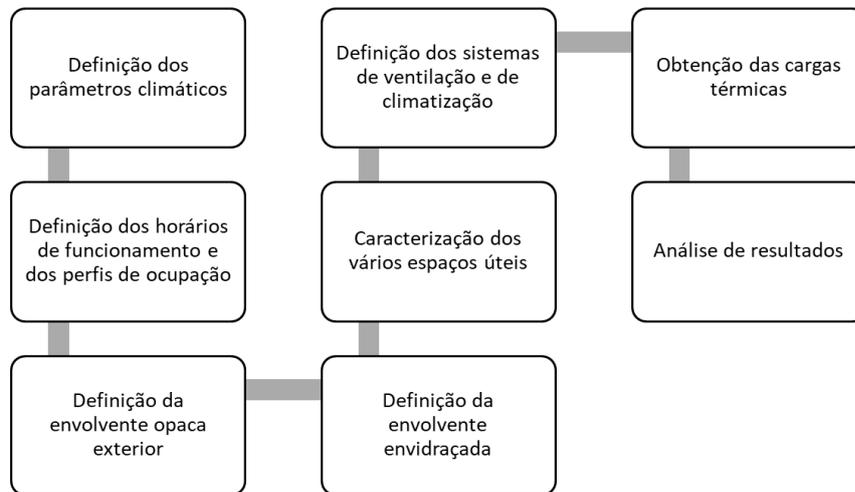


Figura 21 - Etapas a realizar no HAP para a obtenção das potências térmicas necessárias para os sistemas de climatização.

4.1.1. INTRODUÇÃO DOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS

A definição dos parâmetros climáticos é realizada em duas partes. Primeiramente são preenchidos os campos da Figura 22, onde é necessário fornecer informações tais como a região, localização, cidade, latitude, longitude, a elevação e as temperaturas de bolbo seco e de bolbo húmido máximas e mínimas registadas num ano para a cidade do Porto. De modo a obter o ficheiro climático do local, foi utilizada a folha de cálculo “SCE.CLIMA” disponibilizada pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), dando como *input* nesta folha de cálculo o município e a altitude do local onde o hotel se encontra, obtendo-se assim o ficheiro climático, tal como evidenciado na Figura 23. As temperaturas de bolbo húmido correspondentes às temperaturas de bolbo seco máximas e mínimas foram determinadas através da utilização de uma carta psicrométrica. Além disso foi necessário depois realizar uma correção nas temperaturas máximas e mínimas mês a mês na aba *Design Temperatures*.

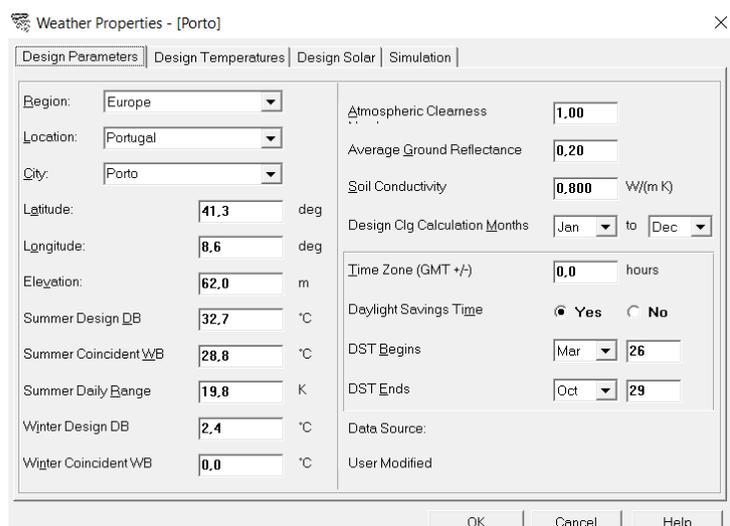


Figura 22 - Parâmetros climáticos fornecidos ao HAP para o dimensionamento dos sistemas.

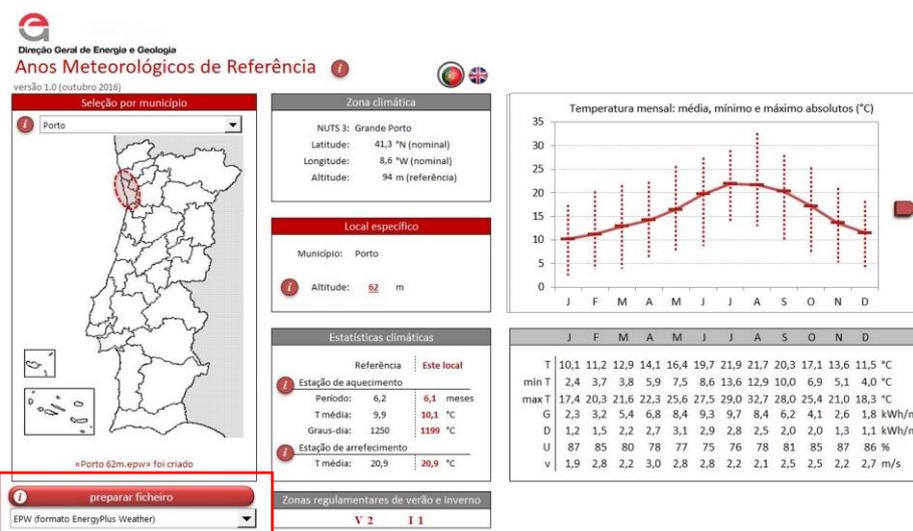


Figura 23 - Parâmetros climáticos obtidos através da utilização da folhas de cálculo "SCE.CLIMA".

Os valores fornecidos ao *software* foram utilizados no dimensionamento dos equipamentos de climatização, ou seja, na obtenção das potências térmicas de aquecimento e de arrefecimento para cada espaço. Para a posterior simulação dinâmica do edifício e obtenção dos consumos associados ao mesmo, foi necessário carregar no *software* um ficheiro "Energy Plus Weather Data File" (EPW) com todas as informações meteorológicas necessárias. Esse ficheiro foi obtido novamente utilizando a folha de cálculo "SCE.CLIMA" carregando no campo destacado a vermelho, tal como representado na Figura 23 de modo a gerar o mesmo.

4.1.2. DEFINIÇÃO DOS HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO E DOS PERFIS DE OCUPAÇÃO

Para a correta obtenção das potências térmicas e posteriormente dos consumos do edifício, é necessário estabelecerem-se perfis horários de ocupação, iluminação e de utilização de equipamentos elétricos. Deste modo foram determinados dois tipos de horários relativamente à ocupação: os horários previstos para o funcionamento diário do hotel e utilizados na simulação dos consumos e os horários para a obtenção das potências térmicas. Esta divisão ocorre devido ao facto de que as potências térmicas a determinar correspondem aos picos máximos necessários ao longo de uma simulação horária de um ano, tanto para arrefecimento como para aquecimento, pelo que é necessário ajustar os horários de modo determinar esses picos.

a) PERFIS DE OCUPAÇÃO

Posto isto, primeiramente para a obtenção das potências térmicas foi definido o horário de ocupação, apresentado da Figura 24 a), sendo considerada uma ocupação permanente de 24 horas. Este horário foi utilizado em todos os espaços com ocupação prevista (quartos, zonas de receção e salas de reuniões/administração) excetuando a sala de refeições, uma vez que este espaço apenas é utilizado para o serviço de pequenos almoços. Na Figura 24 b) encontra-se o horário de ocupação utilizado na sala de refeições.

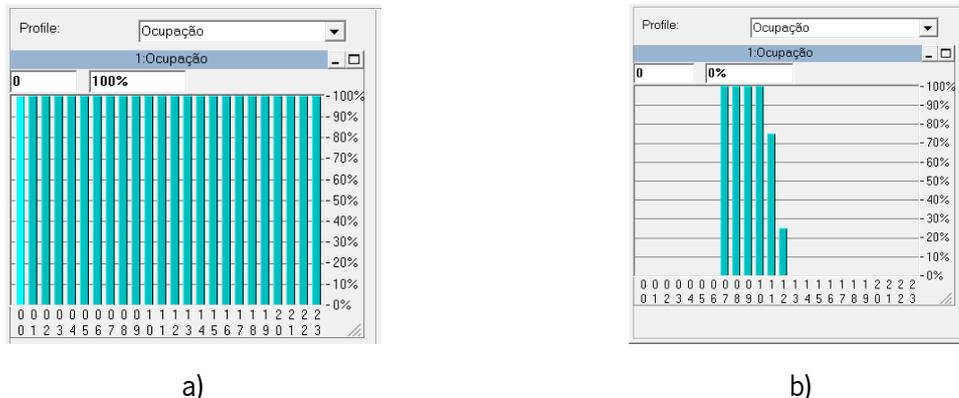


Figura 24 - Horários de ocupação para a obtenção das potências térmicas. a) Quartos, receções e salas de reuniões/administração. b) Sala de refeições.

Relativamente aos horários de ocupação utilizados na obtenção dos consumos do edifício, foi necessário utilizar novamente a informação relativa à ocupação humana em cada espaço, utilizada anteriormente na determinação dos caudais mínimos de ar novo, de onde resulta a necessidade de utilização de horários de ocupação diferentes para cada um dos seguintes espaços: zona de entrada; quartos; sala de refeições; sala de eventos e salas de reuniões e de administração. No Anexo 15 estão presentes os horários determinados para cada um dos espaços mencionados sendo que os horários

determinados dizem respeito a uma taxa de ocupação do hotel de 100%. De notar que o horário relativo à sala de eventos apenas foi atribuído para as sextas-feiras sábados e domingos, assumindo que este espaço apenas se encontra em funcionamento nestes dias ao longo do ano. Também o perfil relativo à sala de reuniões e de administração apenas foi atribuído às segundas-feiras.

b) HORÁRIOS DE ILUMINAÇÃO

Para a definição dos horários de iluminação, novamente foram utilizados duas tipologias de horários, sendo que para a determinação das potências térmicas necessárias, foram utilizados horários iguais aos presentes na Figura 24. Para a determinação dos consumos energéticos, os horários utilizados encontram-se presentes no Anexo 16, em que estes encontram-se elaborados em concordância com os horários de ocupação previstos para cada espaço.

c) HORÁRIOS DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Os horários dos equipamentos elétricos seguem a mesma ideologia e estratégia pensada para os horários de ocupação e de iluminação, pelo que foram utilizados horários iguais aos presentes na Figura 24 para a obtenção das potências térmicas. Relativamente aos horários utilizados na determinação dos consumos energéticos do edifício, estes encontram-se descritos no Anexo 17 e também se encontram em concordância com os horários de ocupação estabelecidos para cada espaço.

4.1.3. DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR

Para a posterior caracterização de cada espaço, foi necessário definir no software os elementos da envolvente opaca exterior, sendo que o *HAP* permite apenas a inserção de paredes e coberturas neste campo. Posto isto foram lançadas as paredes e as coberturas presentes na Figura 25 a) e b) respetivamente, com as mesmas constituições que as indicadas no Anexo 4, onde se encontram as constituições dos elementos da envolvente opaca.

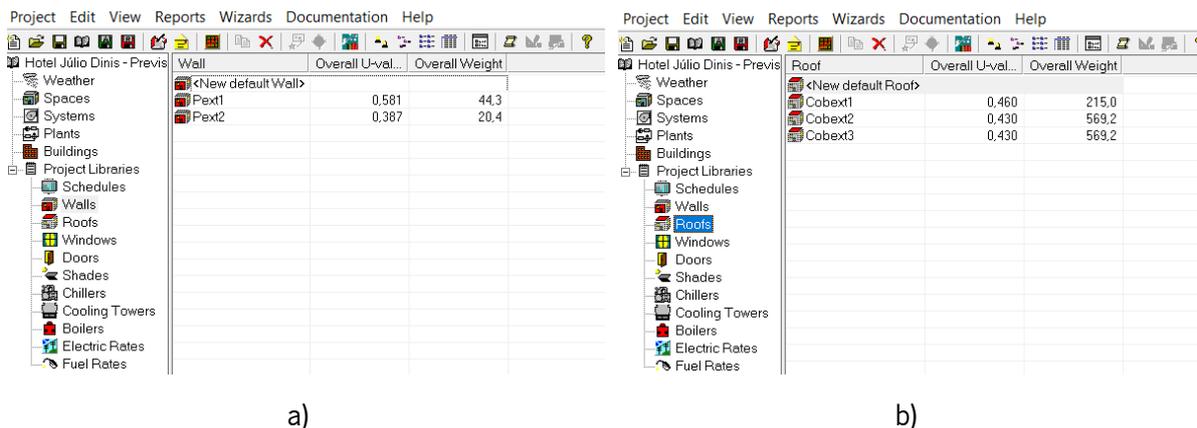


Figura 25 – Definição dos elementos da envolvente opaca exterior no *HAP*. a) Paredes exteriores. b) Coberturas exteriores.

4.1.4. DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

O passo seguinte foi a definição e caracterização da envolvente envidraçada, sendo para o efeito necessário lançar no software os tipos de vão previamente definidos, cujas características encontram-se no Anexo 7. Posto isto, na definição de cada vão no *software* é necessário fornecer as suas dimensões (altura e largura), o seu coeficiente de transmissão térmica (U_W ou U_{WDN}) já afetado pelo tipo de proteção solar de cada vão e ainda o seu fator solar (*Overall Shade Coefficient*), tal como evidenciado na Figura 26.

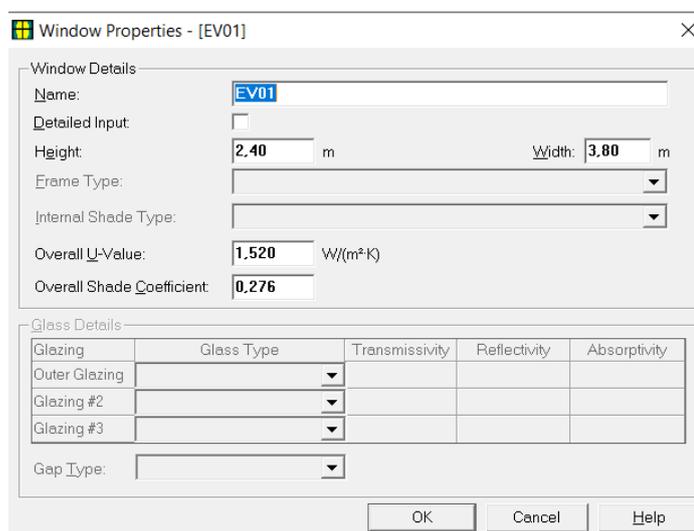


Figura 26 - Parâmetros fornecidos ao *HAP* para a caracterização do vão EV01.

De realçar que o fator solar a fornecer ao *HAP* não é o determinado segundo a metodologia do subcapítulo 3.2.3, mas sim o resultante da utilização da equação (21), em que $F_{w,vi}$ é o fator de correção da seletividade angular de verão, obtendo-se os seus valores através da consulta da Tabela 36, que fornece o fator de seletividade angular em função da orientação e do tipo de vidro de cada vão.

$$g_{simulação} = 0.6 \cdot g_{tot} + 0.40 \cdot \left(\frac{4}{12} \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} + \frac{8}{12} \cdot 0.90 \cdot g_{\perp,vi} \right) \quad (21)$$

Tabela 36 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento [11].

Orientação	$F_{w,vi}$				
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O
Vidro plano simples	0.85	0.90	0.80	0.90	0.90
Vidro plano duplo	0.80	0.85	0.75	0.85	0.85

Posto isto, no Anexo 18 encontram-se o cálculo dos valores de $g_{simulação}$ para cada vão envidraçado utilizado neste projeto.

O último parâmetro necessário para a caracterização e inserção da envolvente envidraçada no *HAP*, foi a definição dos sombreamentos horizontais e verticais, que foi realizada de uma maneira distinta da descrita no subcapítulo 3.2.3.

Assim sendo, como representado na Figura 27, foi necessário definir para cada sombreamento informações relativas aos sombreamentos por elementos horizontais (*Overhang*) e aos sombreamentos por elementos verticais (*Left fin e Right Fin*), sendo que para a caracterização de cada um dos tipos de sombreamento, os *inputs* são os indicados na Figura 28 a) e b) para sombreamentos por elementos horizontais e sombreamentos por elementos verticais respetivamente.

Figura 27 - Parâmetros fornecidos para a caracterização do sombreamento "Piso 1 trás esquerda."

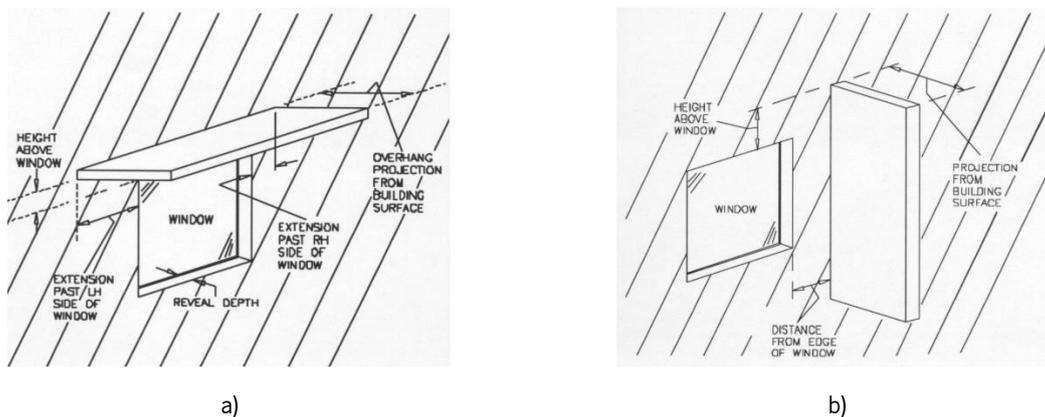


Figura 28 - Esquemas ilustrativos dos inputs necessários para a caracterização dos sombreamentos a) por elementos horizontais b) por elementos verticais.

Posto isto, com base no edifício, foram definidos um total de 14 sombreamentos, presentes na Figura 29.

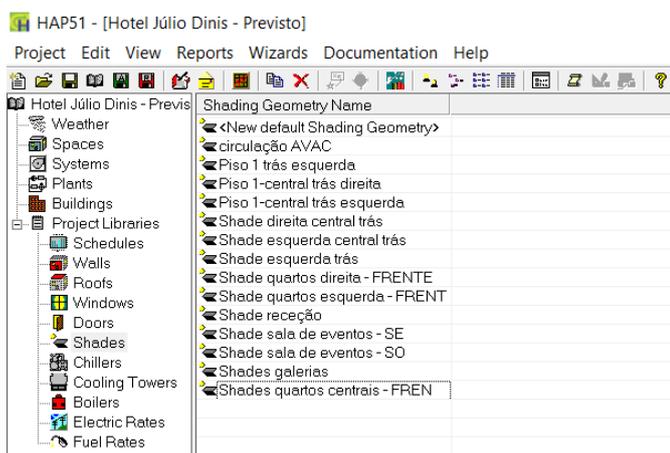


Figura 29 - Sombreamentos definidos no HAP.

4.1.5. CARACTERIZAÇÃO DOS VÁRIOS ESPAÇOS ÚTEIS

Após a definição e estabelecimento dos parâmetros climáticos, dos horários de funcionamento e das envolventes exteriores opacas e envidraçadas, procedeu-se à próxima etapa, que consistiu na introdução de cada espaço útil no *HAP*.

Posto isto, o primeiro campo a preencher neste processo é o campo *General*, em que se definiu o nome de cada espaço, a suas dimensões e o valor do caudal de ar novo (*AO Requirement 1*) previamente determinado para cada espaço no subcapítulo 3.3.1.

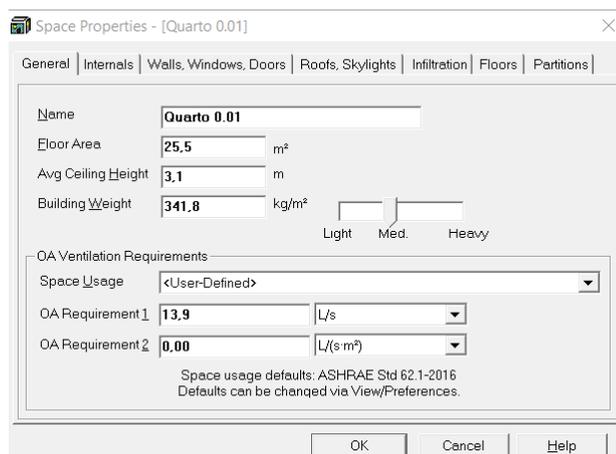


Figura 30 - Caracterização dos espaços no HAP, separador *General*.

De seguida, no separador *Internals* definiram-se as potências de iluminação de cada espaço (determinada anteriormente no subcapítulo 3.4) e dos equipamentos elétricos, bem como foi indicada a ocupação de cada espaço. Foram também aqui inseridos os horários de iluminação, equipamentos elétricos e de ocupação.

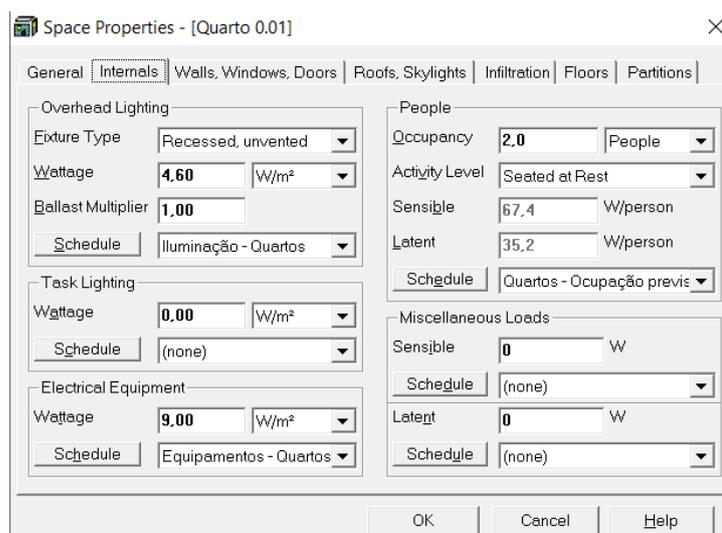


Figura 31 - Caracterização dos espaços no HAP, separador *Internals*.

De notar que para a densidade de potências de equipamentos elétricos de cada espaço, foram considerados os valores presentes no anexo xv do Decreto-Lei n° 79/2006, cujo resumo encontra-se na Tabela 37.

Tabela 37 - Densidades de potências dos equipamentos elétricos adotadas para os vários espaços [20].

Espaço	Densidade [W/m ²]
Quartos	9
Cozinhas	250
Outros espaços	9

De seguida, foi preenchido o campo relativo a “Walls,Windows,Doors”, onde em função da orientação definem-se as áreas de parede exterior de cada espaço, sendo também definidos, para cada espaço, os tipo de parede, vãos envidraçados e sombreamentos lançados anteriormente, tal como se verifica na Figura 32 a), sendo que na Figura 32 b) definem-se as coberturas exteriores.

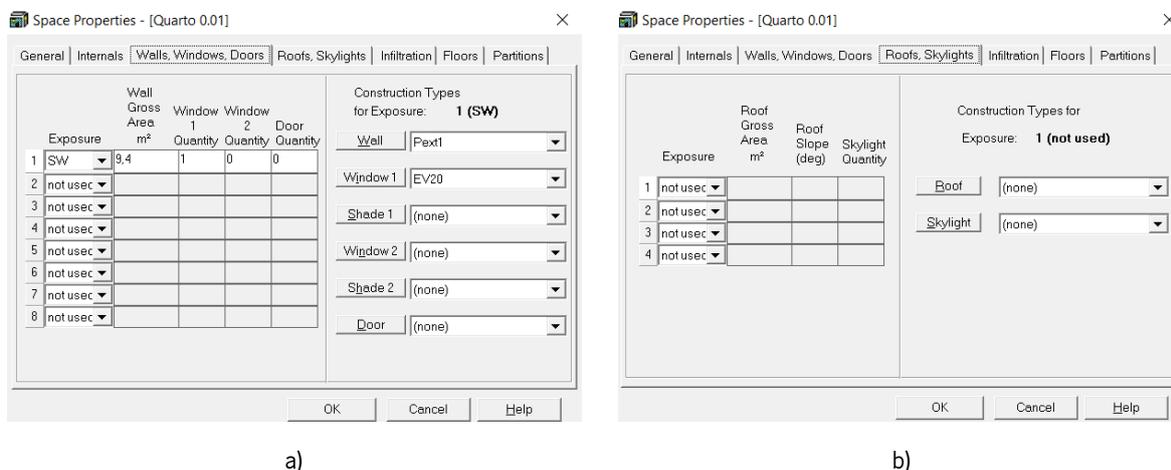


Figura 32 - Caracterização dos espaços no HAP a) separador "Walls, Windows, Doors" b) separador "Roofs, Skylights".

Posto isto, de seguida preencheu-se o campo *Infiltration*, em que se definem as infiltrações de cada espaço em função dos valores da Tabela 38, dependendo do número de fachadas expostas e da classe de permeabilidade ao ar das caixilharias. No presente trabalho a classe de permeabilidade ao ar das caixilharias consideradas é de 4.

Tabela 38 - Valores de infiltração de ar [11].

Tipos de permeabilidade e exposição do espaço	Infiltração de ar [h ⁻¹]
Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar de 0 e 1	0.20
Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar de 2 ou superior	0.10
Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar de 0 a 1	0.30
Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar de 2 ou superior	0.20
Espaços interiores	0.05

Por fim, são preenchidos os campos *Floor* e *Partitions*, para o de caso de condições de fronteira interiores (paredes, pavimentos e coberturas), bem como elementos em contacto com o solo ou em contacto com o edifício adjacente. De notar que, tal como observável na Figura 33, verifica-se que são necessárias as temperaturas dos ENU 's. Estas temperaturas foram determinadas recorrendo à equação (9), em que em função do b_{ztu} determinado anteriormente para cada ENU, e com o valor das

temperaturas exteriores máximas e mínimas, retiram-se as temperaturas máximas e mínimas dos ENUS's.

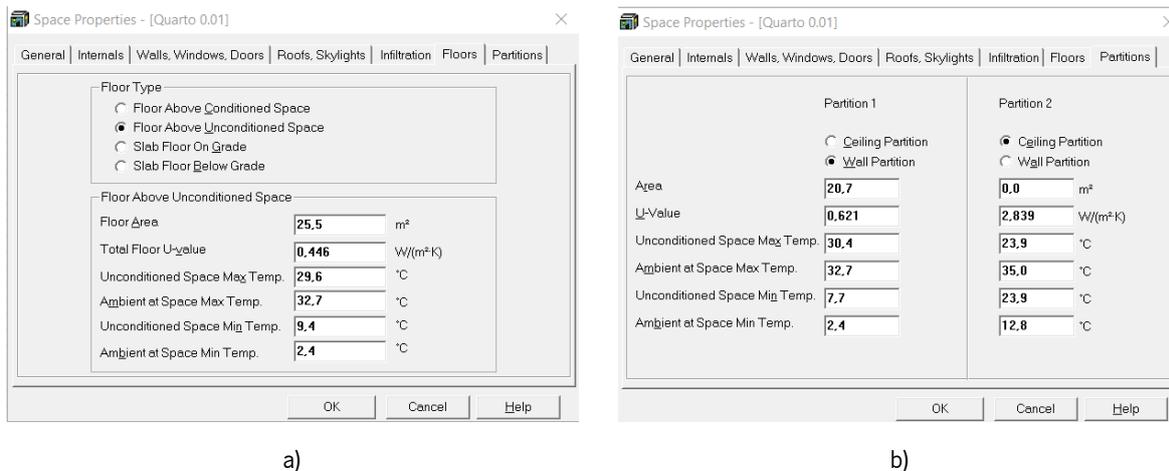


Figura 33 - Caracterização dos espaços no HAP a) separador *Floors* b) separador *Partitions*.

Este processo repetiu-se para todos os espaços úteis, tendo-se assim o edifício completamente caracterizado e lançado no *software*.

4.1.6. DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

Com todos os espaços lançados no *HAP*, a etapa seguinte consistiu na definição dos sistemas de ventilação e climatização, em que na fase de determinação das potências térmicas, os sistemas foram agrupados por pisos, resultando um total de 10 sistemas.

Para a definição de cada sistema de climatização, primeiramente foi definido que estes seriam do tipo VRF. De seguida os únicos parâmetros alterados foram a *ventilation reclaim*, onde foram introduzidas as percentagens de recuperação presentes nas fichas técnicas das máquinas de ventilação (Anexo 13), bem como o tipo de permutador de calor. De seguida definiram-se os *set-points* das temperaturas interiores na situações de arrefecimento e aquecimento, que devem estar entre o intervalo dos 20 a 25 °C, sendo adotadas as temperaturas de 25 e 20 °C respetivamente. Foi ainda considerado um fator de segurança de 20 % para as simulações a serem efetuadas. Os restantes parâmetros foram deixados como *default*, uma vez que apresentam pouca influência nos resultados finais e também devido à falta de informações.

Posto isto, foi realizada a simulação, estando os resultados obtidos presentes no Anexo 19. De uma forma geral observa-se que por espaço a densidade de potência térmica necessária de arrefecimento é superior à de aquecimento.

4.2. ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO

Uma vez realizada a simulação dinâmica do edifício para a obtenção das potências térmicas, o passo seguinte foi a escolha dos equipamentos de climatização, de modo a obter a classe energética do edifício e analisar o impacto e a influência das várias soluções de preparação de AQS na mesma.

Posto isto, numa primeira fase foi necessário agrupar os vários espaços passíveis de funcionarem com a mesma máquina exterior. Na Tabela 39 encontra-se a junção efetuada, em que o objetivo foi minimizar a necessidade de máquinas exteriores de maior potência. Foram apenas considerados os valores das potências de arrefecimento para a seleção.

Tabela 39 - Agrupamento dos vários Espaços/Zonas/Pisos para a seleção das máquinas exteriores de climatização.

Espaços/Zonas/Pisos	Sistema	Potência térmica de arrefecimento total [kW]
Sala de refeições	1	14.90
Sala de eventos	2	21.60
Hall de entrada + Sala de Reuniões/Administração	3	15.20
Piso Galerias Bloco Grande	4	3.80
Piso Galerias Bloco Pequeno	5	26.10
Piso 1 Bloco Pequeno		
Piso 1 Bloco Grande	6	23.40
Piso 2		
Piso 3	7	21.70
Piso 4		
Piso 5		
Piso 6	8	23.10
Piso 7		
	9	12.00

Assim sendo, uma vez agrupados os espaços, a tarefa seguinte foi proceder à seleção das máquinas interiores e exteriores com base na potência térmica de arrefecimento, recorrendo ao Catálogo Geral da *Daikin* de 2022. Na Tabela 87 e na Tabela 88 do Anexo 20 encontra-se presente a seleção efetuada, bem como a indicação das eficiências sazonais dos equipamentos (*SCOP* e *SEER*) que serão necessárias para a determinação dos consumos do edifício.

4.3. DETERMINAÇÃO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DO EDIFÍCIO

4.3.1. EDIFÍCIO PREVISTO

De maneira a determinar os consumos energéticos do edifício, foi necessário refazer e ajustar alguns parâmetros no ficheiro de simulação do *HAP*, com vista a simular o edifício previsto, tendo em conta as indicações e requerimentos presentes na Tabela 101 do Manual SCE.

Assim sendo, a primeira alteração consistiu numa nova caracterização dos sistemas de ventilação e de climatização, uma vez que aquando da simulação das cargas térmicas considerou-se um sistema por piso. Deste modo, como duas das principais características para a definição de um sistema no *HAP* são a recuperação e as eficiências dos sistemas de climatização (anteriormente deixadas como *default*) foi necessário realizar uma sobreposição dos espaços com as características comuns nestes dois campos. Na Tabela 40, encontra-se esta nova organização estabelecida, resultando um total de 10 sistemas novamente. De notar que o sistema 10 contempla os espaços em que não está prevista a instalação e utilização de equipamentos de climatização, mas que segundo a Tabela 101 do Manual SCE, devem ser agrupados e considerados num sistema por defeito (*chiller* bomba de calor de compressão com permuta exterior ao ar com COP de 3.0 e EER de 2.9, sem contabilizar a componente renovável aerotérmica).

Tabela 40 - Distribuição dos Espaços/Zonas/Pisos nos vários sistemas no *HAP*.

Espaços/Zonas/Pisos	Sistema
Sala de refeições	9
Sala de eventos	7
Hall de entrada + Sala de Reuniões/Administração	8
Piso Galerias Bloco Grande	6
Piso Galerias Bloco Pequeno	5
Piso 1 Bloco Pequeno	
Piso 1 Bloco Grande	4
Piso 2	
Piso 3	3
Piso 4	
Piso 5	2
Piso 6	
Piso 7	1
Restantes espaços	10

Posto isto, as alterações efetuadas no subcapítulo 4.1.6 aos parâmetros por defeito do *software*, mantêm-se, sendo adicionados os valores da potência específica da unidade de ventilação (SFP) a cada sistema, tanto dos ventiladores de insuflação como de extração. Os valores de SFP utilizados no software foram calculados através do produto da potência de cada ventilador com o caudal de insuflação ou extração do mesmo. Os valores de SPF utilizados encontram-se na Tabela 41.

Tabela 41 - Valores de SFP dos ventiladores de cada sistema.

Sistema	SFP Insuflação [kW/(m ³ /h)]	SFP Extração [kW/(m ³ /h)]
1	1.01	0.78
2	1.01	0.78
3	0.79	0.73
4	0.99	0.77
5	0.96	0.75
6	0.99	0.77
7	0.94	0.85
8	0.95	0.85
9	1.15	0.86

Foi também adicionado em cada sistema a potência térmica consumida por cada unidade terminal, sendo esta informação retirada em função de cada modelo do Catálogo Geral da *Daikin* de 2022. Por fim, foi especificado em cada sistema os valores do *SCOP* e *SEER* da máquina exterior associada, bem como a sua potência térmica de aquecimento e de arrefecimento. Com isto o passo seguinte consistiu em correr uma simulação do comportamento térmico do edifício, de modo a determinar os seus consumos energéticos associados.

Com a simulação efetuada foi possível obter um total de 374 985 kWh de energia elétrica consumida ao longo de um ano, sendo que estes consumos energéticos repartem-se por climatização, ventilação, iluminação e outros equipamentos elétricos (essencialmente os consumos energéticos associados às densidades de potências indicadas em cada espaços, tal como referido no subcapítulo 4.1.5). De notar que o *HAP* não permite a determinação dos consumos energéticos associados à iluminação dos ENU's nem da ventilação das instalações sanitárias com ventiladores de extração independentes. Na Tabela 89 do Anexo 21 e na Tabela 90 do Anexo 22 são apresentados os consumos associados à iluminação dos ENU's e da ventilação respetivamente. Uma vez somados ao valor de energia total consumida, obteve-se um total de 389 081 kWh de energia consumida ao longo de um ano (não contabilizando ainda os sistemas de AQS.)

No gráfico da Figura 34, é possível verificar a distribuição destes consumos face à totalidade, em que constata-se que 47 % dos consumos (maior fatia) são relativos a outros equipamentos elétricos, o que revela a importância na definição destes parâmetros em futuros trabalhos. As parcelas seguintes dizem respeito aos consumos associados à ventilação (24%), à iluminação dos espaços (17 %) e por fim a climatização (12%).

■ Climatização ■ Ventilação ■ Iluminação ■ Outros equipamentos elétricos

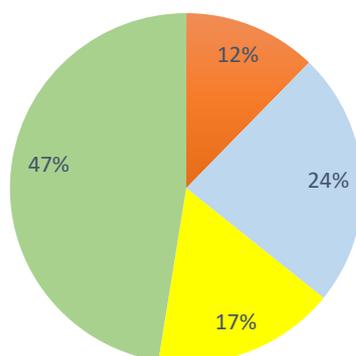


Figura 34 - Distribuição dos consumos energéticos obtidos no *HAP* para o edifício previsto.

Os valores dos consumos obtidos de climatização devem-se essencialmente ao facto de que as eficiências dos equipamentos previstos serem bastante elevadas (tal como constatado na Tabela 88 do Anexo 20), Na Figura 35 observa-se a divisão dos consumos de climatização destinados ao aquecimento e arrefecimento do espaço interior, em que denota-se uma percentagem muito mais significativa destinada ao arrefecimento, cerca de 44 960 kWh (98%). Este fenómeno pode ser devido a dois fatores: o facto de que como a simulação foi realizada para uma ocupação anual constante de 100 %, os ganhos térmicos internos do edifício (devidos à ocupação humana, iluminação e utilização de equipamentos elétricos) são suficientes para satisfazer quase a totalidade das necessidades de aquecimento anualmente, e outro fator preponderante é o facto de que no *HAP* não foi possível simular uma situação de *free-cooling*, ou seja, quando a temperatura do ar exterior é inferior à temperatura do ar do interior do edifício e deste modo não é necessário colocar em funcionamento os equipamentos de climatização para o arrefecimento ambiente, introduzindo diretamente o ar exterior no interior, o que leva a consumos energéticos mais elevados no que diz respeito ao sistemas de climatização com o intuito do arrefecimento ambiente. De modo a aferir esta disparidade de valores seria necessário tentar replicar no *HAP* uma situação em que a ocupação anual não estivesse sempre cifrada nos 100%, contudo devido a problemas com a licença do *software* não foi possível prosseguir com novas simulações, pelo que foram utilizados estes valores.

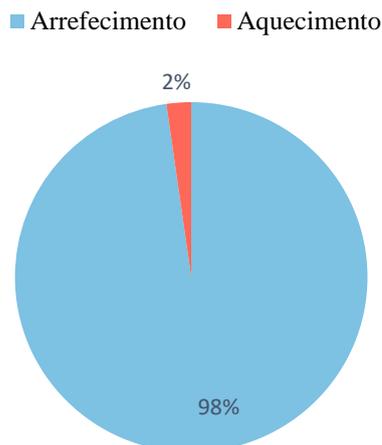


Figura 35 - Repartição dos consumos de climatização do edifício previsto em arrefecimento e aquecimento ambiente.

4.3.2. EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

No que concerne à simulação do edifício de referência, esta é necessária para a consequente determinação da classe energética do edifício. Posto isto, foram necessárias bastantes alterações ao ficheiro para a simulação no *HAP*, sendo a primeira a alteração dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca e envidraçada, em que passam a ser utilizados os valores da Tabela 42, em função da zona climática. Esta alteração no *HAP* foi conseguida através da variação da espessura de isolamento até atingir o valor do coeficiente de transmissão térmica desejado, que neste caso é de 0.70 e de 0.50 para elementos opacos verticais e elementos opacos horizontais respetivamente e de 4.30 para os vão envidraçados.

Tabela 42 - Coeficientes de transmissão térmica de referência para edifícios de comércio e serviços [11].

U_{ref} [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]		Zona climática					
		Portugal Continental			Regiões Autónomas		
Envolvente		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Condição fronteira exterior ou interior	Elementos envolvente opaca	0.70	0.60	0.50	1.40	0.90	0.50
	Elementos opacos horizontais	0.50	0.45	0.40	0.80	0.60	0.40
Vão envidraçados exteriores		4.30	3.30	3.30	4.30	3.30	3.30

De seguida, segundo o Manual SCE, nos espaços interiores úteis, deve-se considerar a área de vãos envidraçados verticais do edifício previsto sempre que a relação desta com a área da fachada, onde estas se inserem, seja igual ou superior a 30%, assumindo-se essa relação limite quando não verificada a condição e adotando a área excedente as características do elemento da envolvente opaca contíguo. Deste modo, calculou-se esta limitação para cada vão e procedeu-se à alteração das suas dimensões no ficheiro de simulação no caso de vãos que excediam os 30%.

Ainda relativamente aos vãos envidraçados, para a sua caracterização no edifício de referência, uma alteração necessária foi a redefinição do fator solar, passando-se a utilizar os valores presentes na Tabela 43, relativos aos valores de referência em função da zona climática. De notar que o valor a utilizar no *software* tem de resultar na mesma da equação (21), resultando um g_{totref} de 0.229.

Tabela 43 - Fator solar de referência dos vãos envidraçados para edifícios de comércio e serviços [11].

Fator solar de referência	Zona climática		
	V1	V2	V3
g_{totref}	0.25	0.20	0.15

Relativamente aos sombreamentos previstos no hotel, para a simulação do edifício de referência estes não devem ser considerados, pelo que foram removidos do ficheiro de simulação [11].

No que concerne aos sistemas de ventilação, segundo o manual SCE, é necessário considerar os valores de caudal de ar novo mínimos por espaço, determinados pelo método prescritivo e afetados de uma eficácia de remoção de poluentes igual a 0.80. Assim sendo foram considerados os caudais presentes na Tabela 44.

Tabela 44 - Valores dos caudais mínimos de insuflação de referência para cada espaços.

Espaço	Caudal mínimo de insuflação [m^3/h]
-1.19 Sala de refeições	3600
0.01 Atrium de entrada	854
0.02 Recepção	43
0.03 Bar	44
0.16 Sala de Reuniões	200
0.17 Sala de administração	400
0.21 Sala de eventos	1925
Quartos*	40

* Uma vez que a ocupação dos quartos é a mesma (2 ocupantes) este valor aplica-se para os 81 quartos do hotel.

Ainda segundo o Manual SCE, para os ventiladores associados à ventilação de espaços interiores úteis (insuflação e extração) com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, é

necessário considerar uma potência determinada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e um SFP de $1250 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$. Posto isto, pela a análise das fichas técnicas das máquinas de ventilação, denota-se que apenas a máquina “REFEITORIO” apresenta ventiladores tanto de extração como de ventilação com potências superiores a 750 W (cerca de 1150 W e 860 W respetivamente), passando assim o SFP de ambos a ser $1.25 \text{ [kW}/(\text{m}^3/\text{h})]$. Os restantes valores permanecem os mesmos que os indicados na Tabela 41.

Também nos sistemas definidos não são consideradas recuperações de calor.

Relativamente aos sistemas de climatização, é necessário definir os sistemas e as suas eficiências conforme os sistemas de referência estipulados na Tabela 105 do Manual SCE. Deste modo, nos sistemas anteriormente definidos, passaram-se a utilizar as eficiências de 3.00 para aquecimento e 2.90 para arrefecimento, indicados na Tabela 45.

Tabela 45 - Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços [11].

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
Aquecimento	Bomba de calor	Bomba de calor do tipo <i>chiller</i> de compressão com permuta exterior e ar com eficiência igual a 3.00
Arrefecimento	Outros sistemas	Bomba de calor do tipo <i>chiller</i> de compressão com permuta exterior e ar com eficiência igual a 2.90

O passo seguinte consistiu em simular o edifício de referência no HAP de modo a obter os seus consumos energéticos anuais. De notar que mais uma vez não foram contabilizados os consumos energéticos associados à iluminação dos ENUS's nem da ventilação das instalações sanitárias com ventiladores independentes, pelo que foi necessário somar aos resultados obtidos da simulação com valores da Tabela 89 do Anexo 21 e da Tabela 90 do Anexo 22.

Assim sendo, foram obtidos os resultados do gráfico da Figura 36, obtendo-se um total de 371415,09 kWh, em que 48% dizem respeito a outros equipamentos elétricos (mais uma vez as densidades de potência associadas a cada espaço), cerca de 21 % dizem respeito a consumos associados a iluminação, 20 % aos sistemas de climatização e 11% são consumos de ventilação.

■ Climatização ■ Ventilação ■ Iluminação ■ Outros equipamentos elétricos

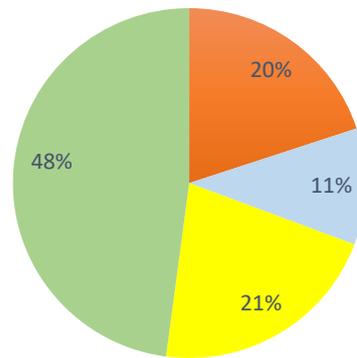


Figura 36 - Distribuição dos consumos energéticos obtidos no HAP para o edifício de referência.

Relativamente aos 20 % de climatização (74 058 kWh), 50% dizem respeito a energia consumida no arrefecimento do edifício e os restantes 50% dizem respeito a energia consumida para aquecimento do edifício, tal como evidenciado no gráfico da Figura 37.

■ Arrefecimento ■ Aquecimento

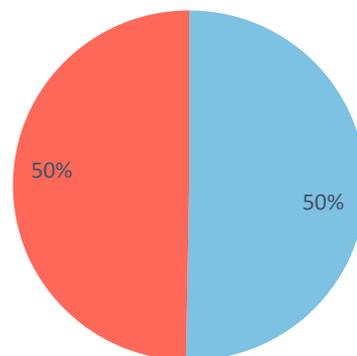


Figura 37 - Repartição dos consumos de climatização do edifício de referência em arrefecimento e aquecimento ambiente.

5. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE AQS

A correta conceção e dimensionamento de um sistema destinado à produção e armazenamento de AQS, implica uma definição adequada das necessidades previsíveis a satisfazer, tendo por objetivo uma resposta adequada aos consumos previsíveis nas condições mais frequentes de utilização, com a minimização dos consumos energéticos [21]. Assim sendo, neste capítulo, primeiramente foram analisadas as limitações e constrangimentos técnicos que condicionam a escolha e a instalação dos sistemas. De seguida foram definidos os perfis horários diários de consumo de AQS, baseados no consumo total diário determinado através da Portaria n.º 138-I/2021, de modo a calcular-se a potência térmica necessária para os equipamentos, bem como numa fase posterior, a determinação dos consumos energéticos anuais. Foi também realizado um estudo com vista a aferir qual a melhor tecnologia de aproveitamento solar, de forma a rentabilizar a área de cobertura disponível. De seguida, foram elaboradas duas soluções, sendo detalhada a constituição e princípio de funcionamento de cada uma, sendo também determinados os consumos energéticos anuais associados a cada solução. Por fim, as duas soluções foram comparadas a nível económico, ambiental e de impacto na classe energética do edifício.

5.1. LIMITAÇÕES E CONSTRANGIMENTOS TÉCNICOS

Para o dimensionamento e a seleção das tecnologias e sistemas a considerar neste projeto foi necessário numa primeira fase, perceber quais os constrangimentos e impedimentos relativos à implementação de sistemas de produção de AQS.

Posto isto, uma das primeiras imposições foi a pouca área disponível para a implementação de painéis solares térmicos, solução que tal como evidenciado no subcapítulo 2.3.3 permite um aproveitamento da energia solar incidente para a produção das AQS. Numa primeira fase estes poderiam ser colocados no pátio exterior indicado na Figura 38, contudo foi definido que esta zona estaria destinada à instalação das máquinas exteriores dos sistemas de climatização e acresce também o facto de ser uma zona que devido aos vários edifícios envolventes e ao próprio edifício, apresenta sombreamentos consideráveis e que são nefastos ao funcionamento de painéis solares térmicos [21].

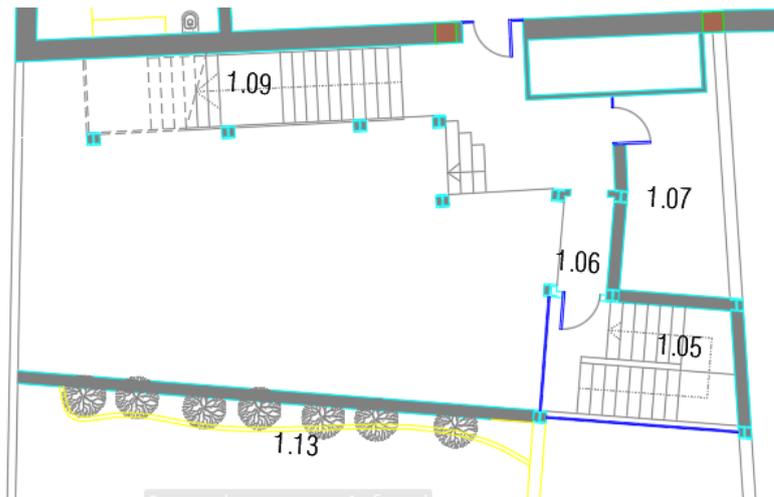


Figura 38 - Pátio exterior onde serão colocadas as unidades exteriores das máquinas de climatização, sendo: 1.05, 1.06 e 1.09 uma circulação de acesso ao piso 2 (Bloco Pequeno) desde o piso 0; 1.07 a zona técnica prevista para a instalação dos equipamentos de preparação e armazenamento das AQS e 1.13 um pátio exterior.

Posto isto a única zona disponível para a implementação de coletores solares térmicos foi a cobertura do piso 7, visível na Figura 39 a vermelho, porém para as necessidades e consumos de AQS previstos, a área disponível é bastante reduzida e leva à obtenção de frações solares reduzidas. Mais à frente, no subcapítulo 5.4 foi efetuado um estudo de aproveitamento e viabilidade de utilização desta área para a implementação de sistemas de aproveitamento de energia solar.

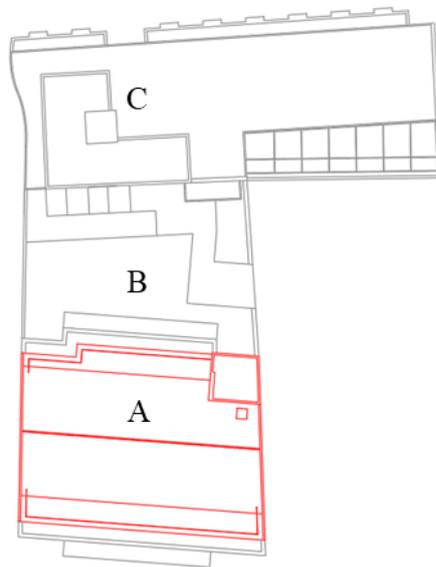


Figura 39 – Planta do edifício com destaque da cobertura do piso 7 (Zona A).

Outro constrangimento encontrado foi o espaço para colocação e instalação dos depósitos de acumulação de AQS. O espaço previsto para o efeito é a Zona técnica 1.07, visível na Figura 38, e que se revela capaz de albergar apenas 2 depósitos de acumulação, devido ao diâmetro dos mesmos. Apesar de ser a única localização disponível, tem a desvantagem de implicar a necessidade de bombear a água

desde este ponto (piso 1) até aos quartos do piso 7 (local mais distante), o que se traduz na necessidade de um sistema de bombagem adicional e respetivos custos associados ao funcionamento do mesmo (aproximadamente 30 metros de diferença de cota).

5.2. DEFINIÇÃO DOS PERFIS DE CONSUMO

A adequada conceção e correto dimensionamento de um sistema destinado à produção e distribuição de AQS requerem uma cuidadosa definição das necessidades estimadas dos utilizadores a serem atendidas. Essas necessidades dependem da temperatura da água distribuída e do volume de água quente disponibilizado. O objetivo do dimensionamento é assegurar uma resposta adequada aos consumos estimados, especialmente nas condições mais comuns e espectáveis de utilização.

Assim sendo, primeiramente, foi necessário através da Tabela 11 estimar os consumos diários de AQS deste hotel. Para tal foi considerado um total de 81 camas (equivalente aos 81 quartos do hotel), sendo que trata-se de um hotel de 4 estrelas que não inclui lavandaria correspondendo por isso a um consumo de 118 litros por cama por dia a 60 °C. Multiplicando os 118 litros pelas 81 camas, o consumo diário total do hotel determinado foi de 9558 litros.

Uma vez determinado o valor total diário, tornou-se imperativo proceder à determinação do perfil horário ao longo do dia, visando a identificação de possíveis picos que exerçam influência sobre a potência requerida pela fonte térmica. Nesse sentido, procedeu-se à consulta da obra intitulada “Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas”, na qual se encontram delineados perfis de consumo relativos aos vários dias da semana em estabelecimentos hoteleiros. Assim sendo, na Figura 40 encontra-se o perfil diário de consumo de AQS correspondente às segundas e terças-feiras, na Figura 41 figura o perfil das quartas e quintas-feiras, e, por fim, na Figura 42 evidencia-se o perfil relativo aos dias do fim de semana (isto é, de sexta-feira a domingo). Importa destacar que cada um destes perfis diários culmina num total de 9558 de AQS consumidos, em consonância com o valor previamente estabelecido.

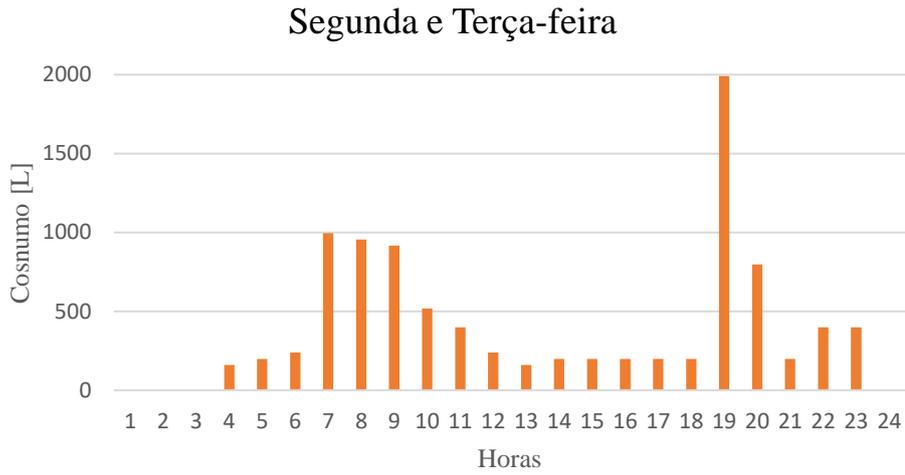


Figura 40 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis para segunda e terça-feira [22].

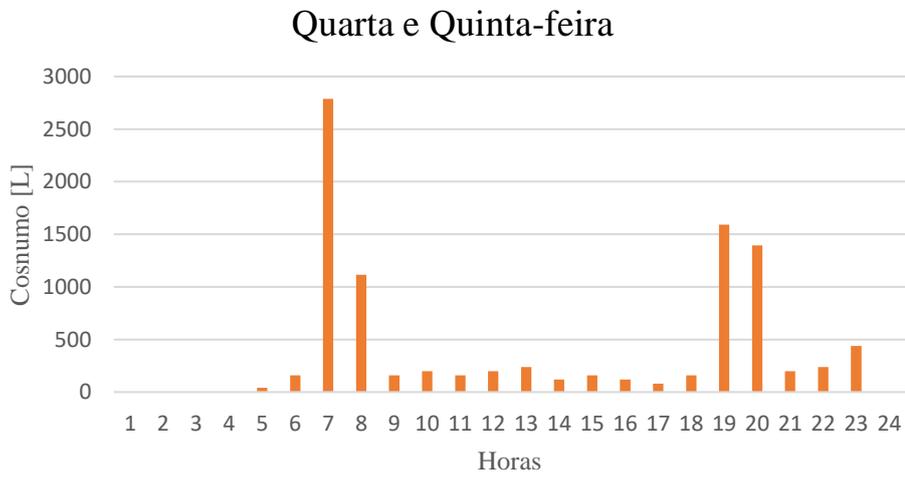


Figura 41 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis para quarta e quinta-feira [22].



Figura 42 - Perfil de consumo de AQS horário em hotéis de sexta-feira a domingo [22].

5.3. DETERMINAÇÃO DAS POTÊNCIAS TÉRMICAS DOS EQUIPAMENTOS GERADORES DE AQS

No que concerne aos equipamentos geradores de AQS, a opção recaiu sobre sistemas de acumulação ao invés de sistemas de produção instantânea, uma vez que devido ao elevado número de quartos e aliado o facto de o fator de simultaneidade da rede de águas para banhos ser de 0.25 (ou seja, dos 81 quartos estima-se que apenas 20 apresentem consumos de AQS de forma simultânea) leva a que os diâmetros de tubagem e consequentemente a potência térmica necessária para a produção instantânea sejam demasiado elevados. Posto isto, os sistemas de produção de AQS considerados (não contabilizando para já a contribuição de energia solar ou outro sistema de apoio) são bomba de calor e caldeira a gás natural.

Deste modo, para a obtenção da potência térmica, foi preciso realizar uma adaptação dos perfis de consumo determinados anteriormente. Esta adaptação consistiu na retribuição dos consumos de menor magnitude, observados nas horas de menor utilização, para os períodos com consumos mais expressivos. Assim, delineararam-se dois intervalos distintos para o consumo de AQS: das 7 às 12 horas e das 19 às 23 horas. Entre estes intervalos configuram-se os períodos de restabelecimento da água consumida, abrangendo um intervalo de 8 e 7 horas respetivamente. Posto isto, na Figura 43, encontra-se o novo perfil de consumo para as segundas e terças-feiras, na Figura 44 está presente o novo perfil para as quartas e quintas feiras, e, por fim, na Figura 45 está o consumo aos fins de semana.

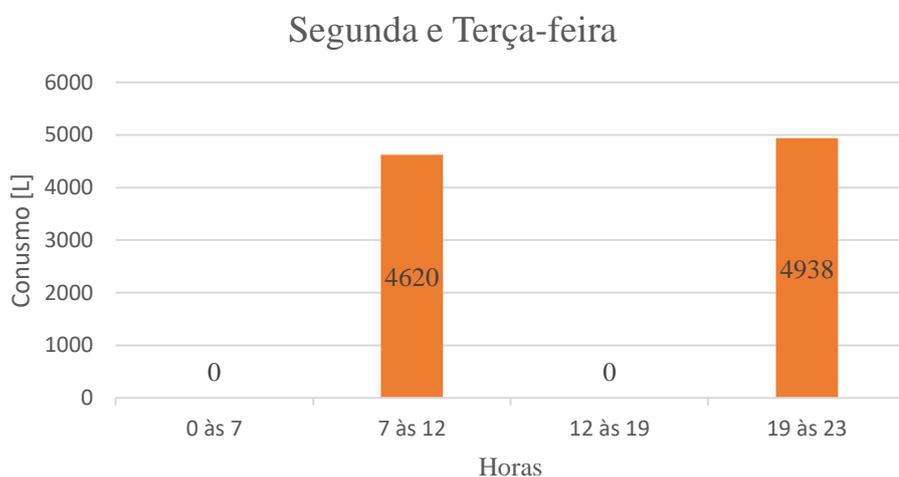


Figura 43 - Novo perfil de consumo de AQS para segunda e terça-feira.

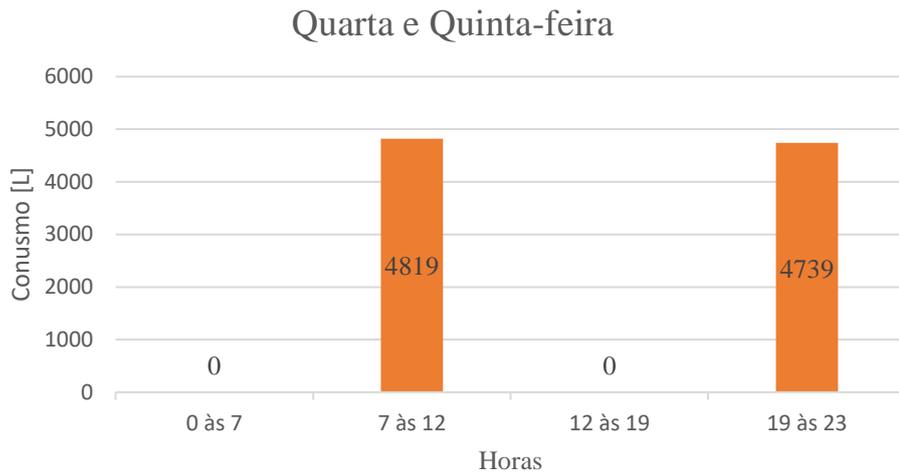


Figura 44 - Novo perfil de consumo de AQS para a quarta e quinta-feira.

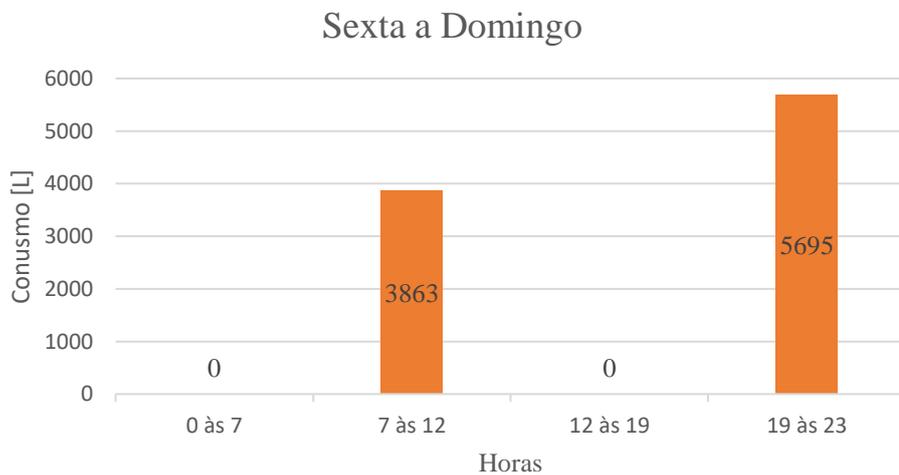


Figura 45 - Novo perfil de consumo de AQS de sexta-feira a domingo.

Depois de efetuado o ajuste necessário aos perfis de consumos diários, o passo seguinte foi a determinação da potência térmica. Para o efeito utilizou-se a equação (22), em que C é a potência térmica do sistema gerador de AQS [kW], ρ é a massa volúmica da água (1 kg/dm^3) W é o consumo em um determinado período de tempo [L], c_p é o calor específico da água (4.186 kJ/kg.k), T_{set} é a temperatura de acumulação no depósito (consideraram-se 60°C), T_{inlet} é a temperatura da água de entrada no depósito, que neste caso considerou-se a temperatura média da água da rede (15°C), t_r é o tempo de recuperação/restabelecimento do volume consumido [h] e η_{tank} é o rendimento do depósito de acumulação (considerou-se 90%) [23].

$$C = \frac{\rho \cdot W \cdot c_p \cdot (T_{set} - T_{inlet})}{t_r \cdot \eta_{tank} \cdot 3600} \quad (22)$$

Na Tabela 46, estão presentes os valores das potências térmicas obtidas para os vários consumos de pico determinados anteriormente e respetivos períodos de recuperação associados. Verifica-se assim que a potência térmica crítica regista-se no período entre as 12 e as 18 horas aos fins de semana (de sexta-feira a domingo), pelo que o valor mínimo a adotar para os equipamentos geradores de AQS foi de 49.40 kW.

Tabela 46 - Determinação da potência térmica crítica do sistema de AQS.

Perfil	Pico de consumo [L]	Tempo de recuperação [h]	Potência térmica [kW]
Segunda a terça-feira	4620	8	35.07
	4938	7	42.84
Quarta a quinta-feira	4819	8	36.58
	4739	7	41.11
Sexta-feira a domingo	3863	8	29.32
	5695	7	49.40

De destacar ainda que o novo pico de consumos de AQS é de 5695 L, a acumulação utilizada foi de 6000 L.

5.4. APROVEITAMENTO DA ÁREA DE COBERTURA DISPONÍVEL

Tal como referido em 5.1, no presente ponto é apresentado o estudo de rentabilização e aproveitamento da área de cobertura disponível para a implementação de sistemas de aproveitamento de energia solar para a produção de AQS.

Posto isto, a comparação efetuada recaiu sobre dois tipos de sistemas: painéis solares térmicos e painéis solares híbridos.

5.4.1. PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS

Com vista à implementação de uma solução com painéis solares térmicos, o primeiro passo consistiu na escolha de um painel, pelo que para o presente estudo foram considerados painéis solares térmicos da marca *BAXI*, mais concretamente o modelo Sol 250, cuja ficha técnica encontra-se no Anexo 23. Na Tabela 47 encontram-se as principais características deste produto, que funcionará num sistema de circulação forçada.

Tabela 47 - Principais características do painel solar térmico Sol 250 da BAXI.

Posição de instalação	Vertical
Superfície Total [m^2]	2.5
Superfície de abertura [m^2]	2.37
Painéis por bateria	Até 10
Comprimento [m]	2.19
Largura [m]	1.14

De seguida procedeu-se à determinação do número máximo de painéis passível de serem instalados. Considerando um total de 5 painéis por bateria (conjunto de painéis solares térmicos ligados em série), conclui-se que é possível instalarem-se um total de 4 baterias, perfazendo 20 painéis instalados, tal como ilustrado na Figura 46.

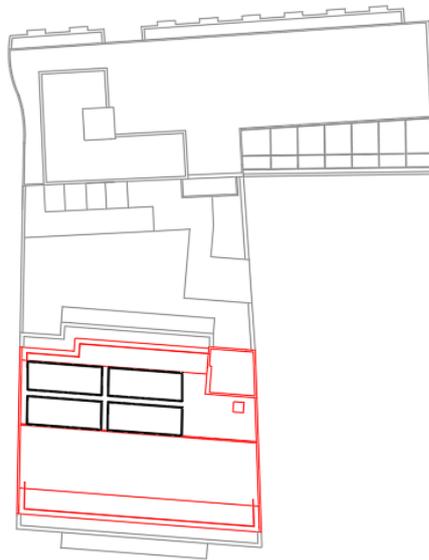


Figura 46 - Local de instalação das 4 baterias de painéis solares térmicos na cobertura do piso 7.

O passo seguinte consistiu na determinação da contribuição destes 20 painéis solares térmicos nos consumos anuais de AQS, sendo utilizado para este efeito o *software* SCE.ER, programa a utilizar para este tipo de cálculos [11].

No *software*, a primeira etapa consistiu na definição do local onde o edifício está localizado, sendo definido no município do Porto a uma altitude de 62 metros. Seguidamente procedeu-se à definição dos consumos anuais de AQS, em que apenas é possível especificar de forma horária os consumos de segunda a sexta-feira e aos fins de semana (sábados e domingos), pelo que foi adotado o perfil de quarta e quinta-feira da Figura 41 para os dias da semana e o perfil de sexta-feira a domingo da Figura 42 para os fins de semana. Foi também definida uma temperatura da água de consumo de 60 °C. De seguida, foi necessário lançar no programa o painel solar térmico BAXI Sol 250, sendo para o efeito necessário

preencher os campos da Figura 47, retirando as informações necessárias do certificado *solar Keymark*, presente no Anexo 23.

Marca e modelo:

Área de abertura: 0,650 m²

Rendimento ótico: 73,0 %

Modificadores de ângulo de incidência:

	Transversal	Longitudinal	
0°	1,00	1,00	1,1
5°	1,00	1,00	1,0
10°	<u>0,99</u>	<u>0,99</u>	0,9
15°	0,99	0,99	0,8
20°	<u>0,98</u>	<u>0,98</u>	0,7
25°	0,98	0,98	0,6
30°	<u>0,97</u>	<u>0,97</u>	0,5
35°	0,96	0,96	0,4
40°	<u>0,94</u>	<u>0,94</u>	0,3
45°	0,93	0,93	0,2
50°	<u>0,91</u>	<u>0,91</u>	0,1
55°	0,89	0,89	0,0
60°	<u>0,86</u>	<u>0,86</u>	
65°	0,81	0,81	
70°	<u>0,76</u>	<u>0,76</u>	
75°	0,63	0,63	
80°	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	
85°	0,05	0,05	
90°	0,00	0,00	

fração difusa média durante o ensaio: 25 % (25% por defeito)

Coef.perdas térmicas a₁: 1,330 W/m²K
 Coef.perdas térmicas a₂: 0,014 W/m²K²

Entidade certificadora: desconhecido
 Certificado: não disponível
 Emitido em: 2000-01-01
 Expira em: 2005-01-01

Figura 47 - Campos a preencher na definição de um painel solar térmico no SCE.ER.

De seguida, foi necessário proceder-se à definição do depósito de acumulação, sendo que neste campo foram lançados na folha de cálculo os vários modelos disponíveis da BAXI de 2000, 3000, 4000 e 5000 L. Tendo em conta que o volume total de acumulação é de 6000 L, foram realizadas várias simulações preliminares de modo a determinar qual o melhor volume de acumulação do depósito ligado ao sistema solar (foram utilizados dois depósitos em série), sendo os resultados obtidos presentes no gráfico da Figura 48. Constata-se assim que o volume de acumulação mais indicado para o depósito solar é de 2000 L, sendo assim selecionado o depósito AS 2000-1E da BAXI, cuja ficha técnica encontra-se na Figura 90 do Anexo 24. De notar ainda que a tendência dos resultados obtidos mantêm-se com diferentes parâmetros de simulação.

Fração solar

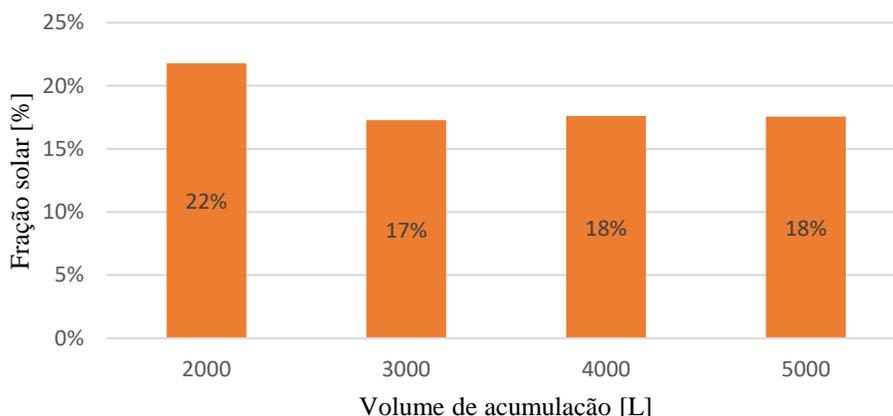


Figura 48 - Influência do volume de acumulação na fração solar do sistema de painéis solares térmicos.

Seguidamente, precedeu-se à definição dos restantes parâmetros do sistema de painéis solares térmicos, sendo adotados os parâmetros da Figura 49. A orientação em azimute (67°) foi determinada através da utilização do software *Google Earth*, ao passo que a inclinação dos painéis é a mesma da cobertura na qual estes se encontrarão instalados (28°). O apoio considerado neste caso foi apoio do tipo elétrico, sendo que é um parâmetro sem grande influência nos resultados obtidos. A montagem do apoio foi considerada em série, idealizando assim a situação de um outro depósito (de 4000 L) ligado em série. No que concerne aos restantes parâmetros, estes foram deixados por defeito (excetuando os comprimentos de tubagem) uma vez que a sua variação não tem impacto significativo nos resultados obtidos.

Sistema Solar Térmico : AQS

Sistema instalado em Rua Júlio Dinis (Porto, Grande Porto)

Necessidades específicas do edifício (RECS).

Utilizados 20 coletores de modelo BAXI SOL 250 com área de abertura $2,51 \text{ m}^2$ (painel com $50,2 \text{ m}^2$ de área de abertura total), em orientação 67° em azimute e inclinação 28° .

Armazenamento central em 1 depósito de modelo BAXI AS 2000-1E utilizado em modo água sanitária em posição vertical.

Apoio tipo elétrico com rendimento 100%.

com montagem em série e controlo modulante.

Circuito primário em circulação forçada, tubagens exemplo A comprimento de 20 m no exterior e 5 m até ao depósito, isoladas com poliuretano de espessura 20 mm. Fluido circulante com 25% de anticongelante.

Bombas de potência 120 W proporcionando um caudal de 39 litro/m³ por hora.

Circuito de distribuição em tubagens de diâmetro nominal 22 mm, comprimento de 10 m para a zona de consumo e isolamento poliuretano de 20 mm.

Figura 49 - Dados de entrada fornecidos ao SCE.ER para a simulação do sistema de painéis solares térmicos.

O passo seguinte foi simular este sistema, obtendo-se uma contribuição solar de 36436 kWh/ano, correspondente a uma fração solar de 22 %, valor bastante distante da recomendação legislativa de que a fração solar deve ser de 50 a 75 %. Este baixo valor deve-se principalmente à reduzida área disponível

na cobertura, que limita a instalação de mais painéis solares térmicos. O relatório detalhado dos dados obtidos encontra-se no Anexo 25.

5.4.2. PAINÉIS SOLARES HÍBRIDOS

A outra possibilidade é a utilização de painéis solares híbridos, equipamentos capazes de gerar eletricidade e AQS simultaneamente a partir de energia solar. Para este estudo foram considerados os painéis solares híbridos da marca *abora*, mais concretamente o modelo aH72SK. Na Tabela 48 encontram-se as principais dimensões deste produto, cuja componente térmica funciona como um sistema de painéis solares térmicos por circulação forçada convencional. No Anexo 26 encontra-se a ficha técnica deste equipamento.

Tabela 48 - Principais características do painel solar híbrido *abora* aH72SK.

Posição de instalação	Vertical
Superfície Total [m^2]	1.96
Superfície de abertura [m^2]	1.88
Comprimento [m]	1.97
Largura [m]	0.99

Relativamente à implementação destes equipamentos na cobertura, e tendo em conta as suas dimensões, foram consideradas duas baterias de 12 painéis cada (montados em série), totalizando 24 painéis, tal como é visível na Figura 50.

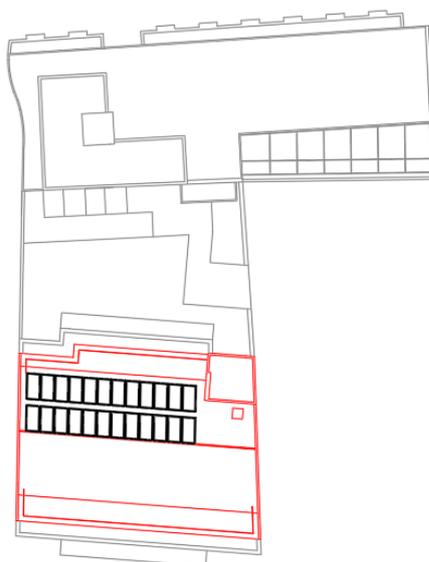


Figura 50 - Local de instalação dos painéis solares híbridos na cobertura.

Para a transposição deste sistema no SCE.ER, os passos a realizar foram os mesmos que os efetuados no sistema de painéis solares térmicos, alterando apenas a inserção dos mesmos no *software*.

De modo a contabilizar a componente de energia elétrica produzida, foi necessário introduzir na folha de cálculo a definição de um novo modelo solar fotovoltaico, sendo para o efeito preenchidos os campos da Figura 51, com base nas informações fornecidas pela empresa comercializadora deste produto, presentes no Anexo 26.

Marca e modelo		
Dimensões	Comprimento: 1,970 m	Largura: 0,995 m
Tecnologia	Material: Si	Estrutura: cristalino
Parâmetros técnicos	Nº de células: 72 Voc: 48,6 V δVoc : -0,28% /K -136 mV/K Isc: 9,16 A δIsc : 0,060% /K 5,50 mA/K Vmpp: 39,9 V $\delta Pmax$: -0,36% /K -1,26 W/K Impp: 8,76 A NOCT: 45,0 °C degradação máxima: 0,6% /ano	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> ← Voltar Guardar este modelo </div>		

Figura 51 - Definição de um novo módulo solar fotovoltaico no SCE.ER.

De seguida, foi necessário definir um perfil horário de potência elétrica em utilização no hotel, sendo para isso utilizados os dados obtidos pela simulação dinâmica do edifício previsto. Para o efeito, foi gerado um ficheiro “*comma separated values*” (CSV) para cada sistema, que contém os dados dos consumos elétricos, hora a hora para cada dia do ano. Posto isto foram agrupados os dados de todos os sistemas e, determinado qual o dia com menos consumo elétrico ao ano. Posto isto foi lançado no *software* o dia com menor potência, cujo valores horários encontram-se no gráfico da Figura 52.



Figura 52 - Perfil horário de potência elétrica em utilização no dia com menor consumo.

Posto isto, procedeu-se à definição de um sistema solar fotovoltaico no SCE.ER, em que a orientação em azimute e a inclinação consideradas foram as mesmas anteriormente utilizadas, sendo os

restantes parâmetros deixados por defeito, tal como se verifica na Figura 53, devido à sua reduzida influência nos resultados finais.

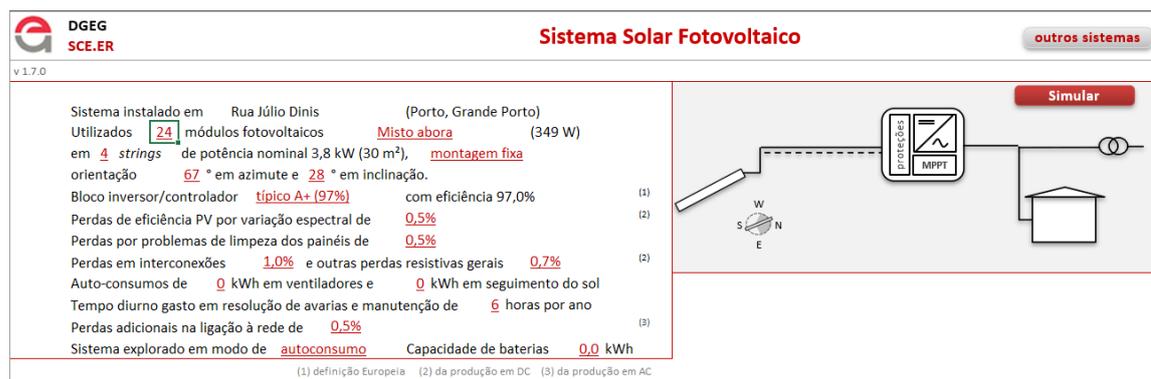


Figura 53 - Dados de entrada fornecidos ao SCE.ER para a simulação da componente fotovoltaica, do sistema de painéis híbridos

Obteve-se um total de 11700 kWh/ano de produção e consumo de energia elétrica, verificando-se que toda a energia produzida foi consumida. Relativamente à contribuição de energia para a produção das AQS, a contribuição foi de 28458 kWh. Os resultados obtidos encontram-se no Anexo 27.

5.4.3. PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS VS HÍBRIDOS

De maneira a determinar qual a melhor solução para a rentabilização da área de cobertura disponível, o primeiro passo foi listagem de todos os componentes necessários e do seu respetivo custo para cada sistema. Na Tabela 49 e na Tabela 50, encontra-se a listagem dos componentes necessários para cada sistema, sendo que os componentes que são comuns a cada sistema, não foram aqui considerados uma vez que o seu custo seria o mesmo em cada uma das soluções. De notar que os custos, bem como os componentes necessários para cada instalação foram retirados do Catálogo Tabela 2023 da *BAXI* e da Tabela de Preços de 2023 da *abora*.

Tabela 49 - Lista de componentes e custos para o sistema de painéis solares térmicos [15].

Painéis solares térmicos			
Produto	PVP Unitário	Quantidade	PVP Final
SOL 250	1023.00 €	20	20460.00 €
Suporte para 2 coletores	335.00 €	4	1340.00 €
Suplemento	175.00 €	12	2100.00 €
Kit de conexão rápida para 5 painéis	153.00 €	4	612.00 €
Peça por suplementado	73.00 €	12	876.00 €
Líquido solar fac10	95.00 €	5	475.00 €
Custo inicial		25863.00 €	

Tabela 50 – Lista de componentes e custos para o sistema de painéis solares híbridos [24].

Painéis solares híbridos			
Produto	PVP Unitário	Quantidade	PVP Final
Painel a72HSK	697.00 €	24	16728.00 €
Estrutura para 6 painéis	858.15 €	4	3432.60 €
Kit de conexão para 6 painéis	570.17 €	4	2282.28 €
Solar PV BOX (2 entradas)	4685.00 €	2	9370.00 €
Kit cabos cc ligação rápida	48.00 €	2	96.00 €
Anticongelante 5 L	115.62 €	2	231.24 €
Anticongelante 20 L	454.56 €	4	1818.24 €
Energy meter	665.00 €	1	665.00 €
Custo inicial	34623.36 €		

Uma vez estabelecido o custo inicial, realizou-se uma estimativa da poupança monetária que é possível obter ao longo de uma vida útil de 25 anos, sendo para o efeito calculadas projeções tanto para poupança de energia elétrica (no caso de utilização de bomba de calor para produção de AQS), como para a poupança no caso da utilização de gás natural (utilização de caldeiras a gás natural para a produção de AQS). Os preços das energias foram consultados no *site* da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), sendo utilizados os valores médios relativos ao setor industrial (devido a elevados consumos o hotel encontra-se neste setor) do 2º semestre de 2022. Foi ainda considerado uma redução de produtividade de energia elétrica da componente fotovoltaica dos painéis solares híbridos de cerca de 0.5 % ao ano, valor fornecido pela *abora*. Assim sendo, na Figura 54 e na Figura 55, encontram-se os gráficos comparativos de cada solução para o tipo de sistema de gerador de AQS a utilizar, bomba de calor e caldeira respetivamente. De realçar que foi utilizado um *COP* de 2.375 para a bomba de calor e um rendimento da caldeira de 89.6 %.

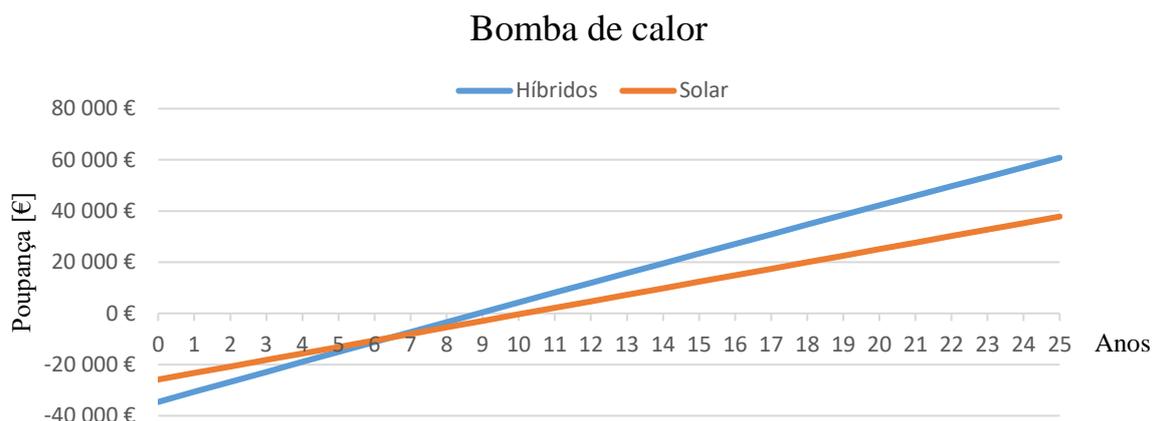


Figura 54 - Comparação das duas soluções ao fim de 25 anos, no caso de utilização de uma bomba de calor na preparação de AQS.

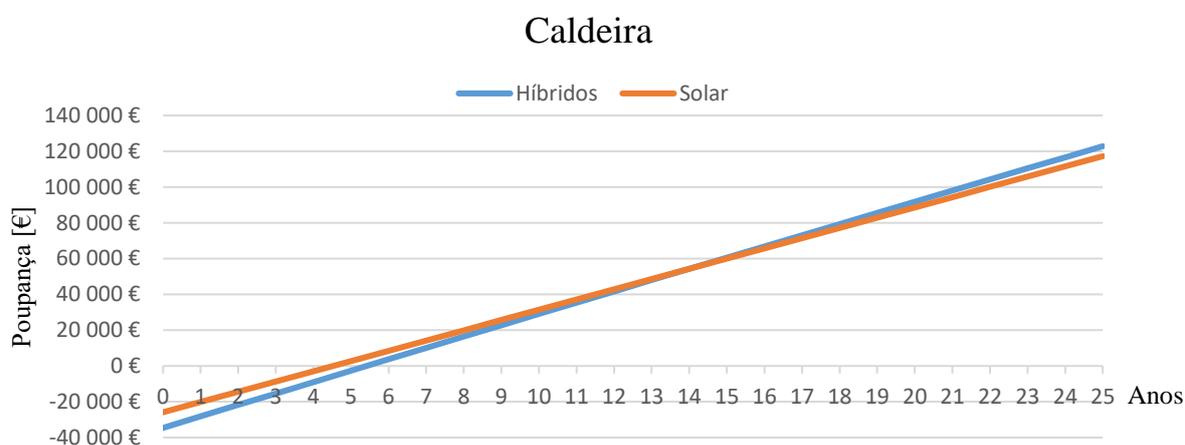


Figura 55 - Comparação das duas soluções ao fim de 25 anos, no caso de utilização de uma caldeira a gás natural na preparação de AQS.

Analisando os dois gráficos, verifica-se que no caso de utilização de bomba de calor, apesar de um maior investimento inicial, a utilização de painéis solares híbridos tem um tempo de retorno de 8.9 anos, ao passo que a utilização de painéis solares térmicos tem um tempo de retorno de investimento de cerca de 10.2 anos. Nota-se ainda que a utilização de painéis solares híbridos ao fim de 7 anos passa a ter uma poupança superior relativamente aos solares térmicos. A *TIR* (taxa interna de rentabilidade) é a taxa a máxima a considerar sem haver perda financeira por parte do investidor [25], e é igual a 10 % no caso dos painéis solares híbridos e 9 % no caso dos painéis solares térmicos.

Relativamente à utilização de uma caldeira a gás natural, a utilização dos painéis solares híbridos apresenta um tempo de retorno de 5.4 anos, ao passo que a utilização de painéis solares térmicos apresenta um tempo de retorno de 4.5 anos. Ao fim de 14 anos a poupança passa a ser superior no

caso do painéis solares híbridos, contudo a *TIR* é superior na utilização de painéis solares térmicos (22 % contra 18 %). Assim, no caso da utilização de uma bomba de calor, a melhor solução para a rentabilização da cobertura são os painéis solares híbridos, uma vez que permitem um tempo de retorno de investimento mais curto e apresentam uma *TIR* maior, enquanto que no caso da utilização de uma caldeira a gás natural, a melhor solução são os painéis solares térmicos pois apresentam um menor tempo de retorno e uma maior *TIR*.

5.5. SOLUÇÃO 1: BOMBA DE CALOR E PAINÉIS SOLARES HÍBRIDOS

Uma das soluções para a produção e preparação das AQS a serem analisadas para implementação no hotel foi a articulação de uma bomba de calor, painéis solares híbridos e dois depósitos de acumulação: um de 2000 L e de um de 4000 L.

Posto isto, a primeira tarefa a ser realizada foi a seleção de uma bomba de calor capaz de satisfazer os 49.40 kW anteriormente determinados no subcapítulo 5.3. Assim sendo, foi adotado o sistema de bomba de calor Daikin Altherma R Flex Type HT AQS, que consiste num sistema *split* em cascata, composto por unidades interiores e unidades exteriores de produção de AQS. A unidade exterior recebe energia do ambiente exterior, e transfere-a para a unidade interior através de um circuito fechado a R-410, sendo que de seguida a unidade interior através de um circuito a R-134a recebe essa energia, realiza uma nova compressão e transfere-a para água, levando ao seu aquecimento. Para a unidade exterior, foi selecionado o modelo EMRQ-16AB, sendo para as unidades interiores selecionado o modelo EKHBRD014ADV17 (4 unidades), modelos visíveis na Figura 56 a) e b) respetivamente. De acordo com a Tabela 51, esta combinação permite obter uma potência térmica de cerca de 58.2 kW para uma temperatura ambiente de 7 °C e uma temperatura de saída da água de 65 °C, contudo para temperaturas ambientes mais baixas a potência térmica diminui, porém, na região onde se encontra o hotel (Porto), o valor da média das temperaturas mínimas registadas mais baixo é de 6 °C, enquanto que o valor médio de temperatura mensal mais baixo é de 9 °C [26], o que faz com que a potência térmica disponibilizada pela bomba de calor seja suficiente para garantir as necessidades de AQS.



a)



b)

Figura 56 - Sistema *Daikin Altherma R Flex Type HT AQS*: a) Unidade exterior EMRQ-16AB b) Unidade interior EKHBRD014ADV17

Tabela 51 - Tabela de capacidades de aquecimento do sistema *Daikin Altherma R Flex Type HT AQS*, em função da temperatura ambiente [27]

Temperatura ambiente [°C]	Temperatura de saída da água [°C]	
	65	
	<i>HC</i> [kW]	<i>PI</i> [kW]
-15	32.20	16.60
-7	38.00	19.70
-3	42.50	22.10
1	47.00	23.90
3	49.10	24.70
7	58.20	24.50
11	58.20	23.10
15	58.20	21.50

Posto isto, para o volume de acumulação foi, como descrito anteriormente no subcapítulo 5.2, selecionado o depósito AS 2000-1E da *BAXI*, com um volume útil de cerca de 1952 litros, contudo, para as necessidades de AQS equacionadas, é necessário um volume de acumulação de 6000 L, tal como indicado no subcapítulo 5.3, pelo que foi selecionado o depósito AS 4000-1E da *BAXI*, com um volume útil de 3916 L, de forma que os dois depósitos estejam ligados em série perfazendo um total de 5868 L de acumulação.

Para a definição do painéis solares híbridos, foram utilizados os pressupostos descritos no subcapítulo 5.4.2.

Assim sendo, na Figura 57, encontra-se o esquema de princípio de funcionamento desta solução, em que o depósito 1 (AS 2000-1E) é aquecido pelos painéis solares híbridos, funcionando como um pré-aquecimento para água, que de seguida transita para o depósito 2 (AS 4000 – 1E), onde a água é

aquecida até ao *set point* de 60 °C. Em períodos noturnos, ou quando não existe energia solar para ser realizado o pré-aquecimento, a água aquecida que se encontra no depósito 2, é bombeada para o primeiro depósito fazendo assim um circuito, levando a que o sistema responsável pelo aquecimento dos 2 depósitos seja a bomba de calor.

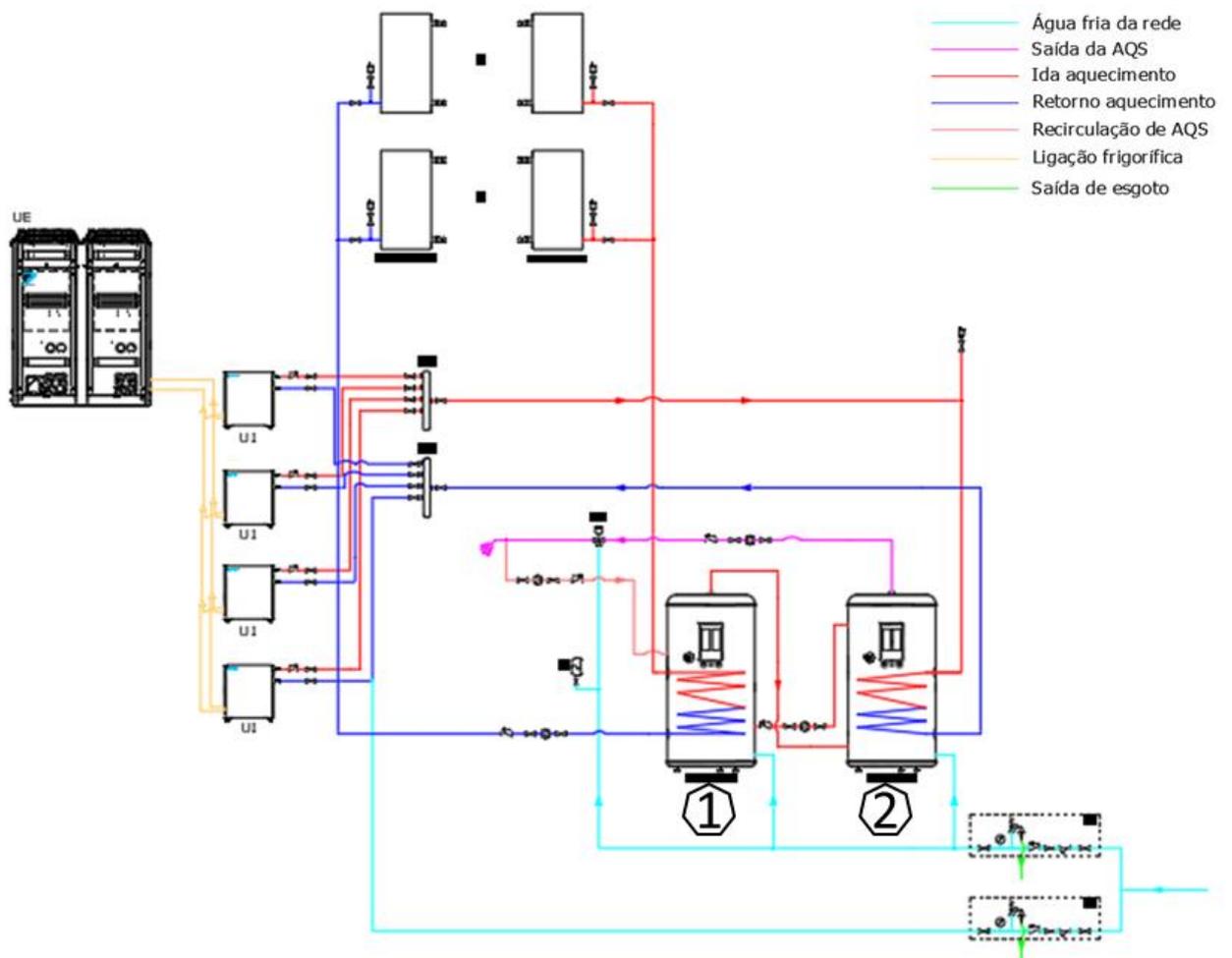


Figura 57 - Esquema de princípio de funcionamento da solução 1: bomba de calor (Unidade exterior e as unidades interiores associadas) + depósitos de acumulação + painéis solares híbridos.

Por fim, de modo a bombear a água desde o seu local de produção e acumulação até aos pontos de consumo mais distantes, nomeadamente, as instalações sanitárias do piso 7, é necessário a utilização de uma bomba de forma a impulsionar a água, devido à elevada distância entre estes dois pontos (aproximadamente 30 metros). Assim sendo, foi utilizada a base de dados de *Grundfos* de modo a seleccionar uma bomba capaz de fornecer água até à elevação indicada, com um caudal de $0.24 \text{ m}^3/\text{h}$, cerca de $0.06 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada bateria (foi aqui considerado o caso de utilização de painéis solares, sendo utilizadas 4 baterias, sendo o valor de caudal o mesmo para ambos os painéis). Foi assim seleccionado o modelo CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE, que corresponde a uma bomba centrífuga vertical, cujas principais características encontram-se na Tabela 52 e a ficha técnica no Anexo 28.

Tabela 52 - Principais características da bomba CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE da *Grundfos* [28].

Orientação da bomba	Vertical
Altura manométrica máxima [m]	53.2
Temperatura ambiente máxima [°C]	60
Pressão máxima de funcionamento [bar]	16
Líquido Bombeado	água+propileno glicol
Potência motor [kW]	0.37

Na Tabela 91 do Anexo 29 encontra-se uma lista de todos os componentes que compõem esta solução, bem como o respetivo custo associado.

De modo a estimar os consumos energéticos associados a esta solução, procedeu-se à simulação dinâmica da mesma no *HAP*. Posto isto, no *HAP*, foi necessário numa primeira fase definir a bomba de calor utilizada, sendo fornecidos ao *software* como dados de entrada o valor do *set point* da temperatura de saída da água da bomba de calor (65 °C), a potência térmica máxima disponível (58.2 kW) bem como a temperatura exterior à qual esta potência é válida (7 °C), foi também definido o “*Full load power*” como 0.421 sendo este valor o inverso do COP declarado da bomba de calor, os restantes valores foram deixados por defeito, tal como se verifica na Figura 58.

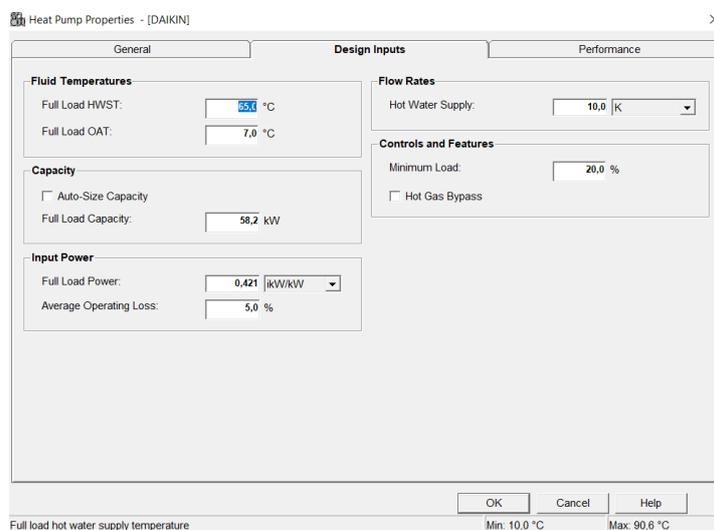


Figura 58 - Janela "Design Inputs" do HAP utilizada para a definição da bomba de calor.

O passo seguinte consistiu na criação de uma “*plant*”, que representa o sistema gerador de AQS, que por limitações do *software*, não é possível articular com os painéis solares híbridos, pelo que apenas se introduziu a bomba de calor.

De maneira a definir a “*plant*”, foi necessário fornecer ao sistema a temperatura nos pontos de consumo (40 °C), bem como a temperatura da água da rede (15 °C). Foi definido ainda o volume de acumulação total (5868 Litros). O modo de lançar no programa os consumos definidos anteriormente

no subcapítulo 5.2, foi passar o consumo de água a 60 °C para consumo a 40 °C, que é a temperatura da água nos pontos de consumo. Posto isto, através da equação (23), o total diário passa de 9558 litros de água a 60 °C para 16638. Litros a 40 °C.

$$T_{40\text{ }^{\circ}\text{C}} = V_{\text{consumido}} \cdot \frac{(60 - T_{\text{rede}})}{(40 - T_{\text{rede}})} \quad (23)$$

A equação (23) foi utilizada para os valores de consumo dos perfis estipulados no subcapítulo 5.2, sendo de seguida determinado o valor consumido a cada hora em percentagem, obtendo-se os perfis das Figura 59 a) b) e c) para os perfis de Segundas e terças-feiras, Quartas e quintas-feiras e Sextas feiras a Domingo respetivamente.

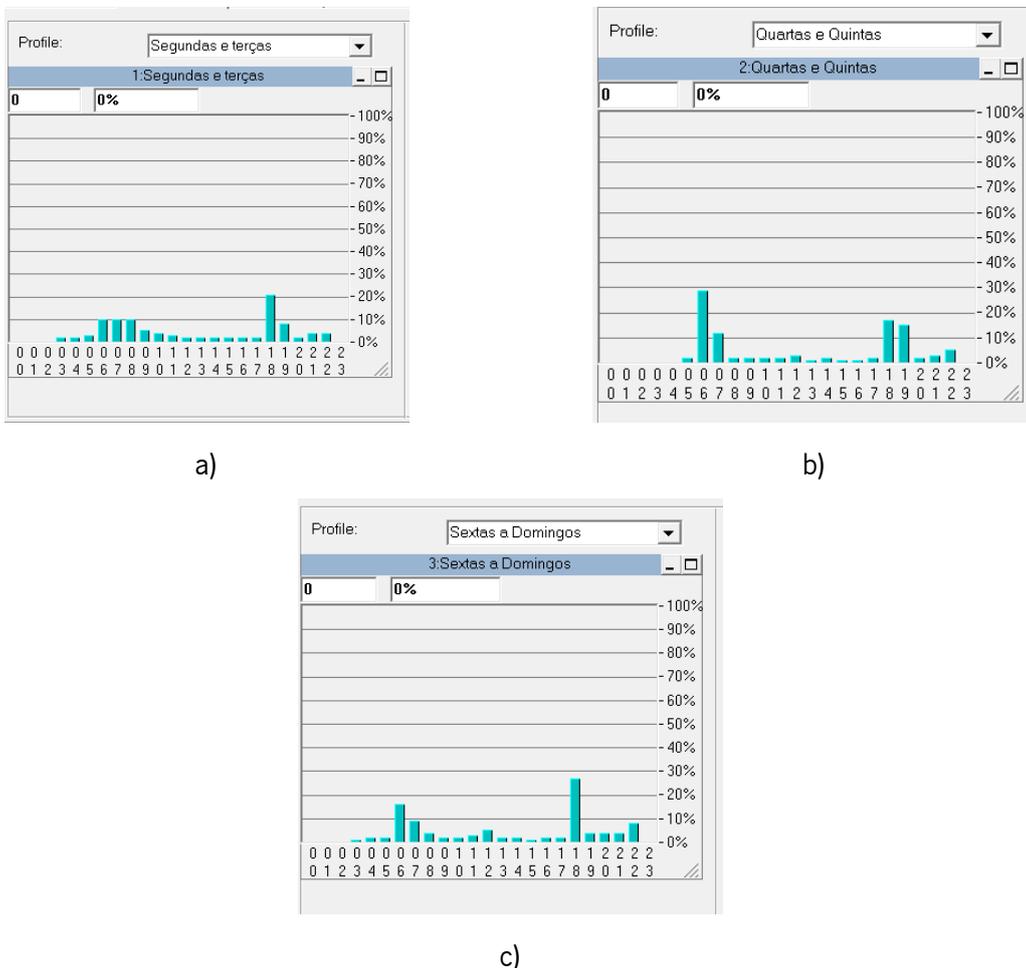


Figura 59 – Perfis de consumo de AQS a 40 °C para: a) Segundas e terças-feiras; b) Quartas e quintas-feiras; c) Sextas-feiras a Domingos.

Deste modo, fornecendo ao *software* o volume de água consumido por dia na forma de caudal (4.6 l/s), o programa com base nos perfis inseridos e com o caudal simula os consumos horários

pretendidos. Na Figura 60 encontra-se todos estes parâmetros preenchidos, sendo que os que não forem abordados foram deixados por defeito.

Plant Properties - [Sample Plant]

General Systems **Service Hot Water** Configuration Schedule of Eqpt. Distribution Source Water

Consumption

Max Rate: 4.6 L/s

Usage Schedule: Bomba de calor AQS

Design Temperature: 40.0 °C

Average Cold Water Supply: 15.0 °C

Supply to Points of Use

Pipe Heat Loss Factor: 0.0 %

Use Supply Pump

Input Power: kW

Mechanical Efficiency: %

Electrical Efficiency: %

Use as Recirculation Pump

Pump Cycling

Delta-T: K

Stored Hot Water

Storage Tank Volume: 5868 L

Minimum Temperature: 40.0 °C

Loss Factor: 0.0 %

Pasteurization

Period: days

Duration: hours

Start at: [dropdown]

Temperature: °C

Auto-Size Heater

Heater Capacity: kW

Plant Type: Service Hot Water

OK Cancel Help

Figura 60 - Janela "service hot water" do HAP utilizada para a definição do sistema gerador de AQS com bomba de calor..

Posto isto o passo seguinte foi efetuar a simulação, sendo obtidos um consumo total de 65 136 kWh de energia elétrica, para a produção de 170534 kWh de energia útil. Contudo, de forma a articular a contribuição da energia solar, foi determinado mês a mês qual o COP da bomba de calor com base na energia produzida e na energia consumida, sendo de seguida subtraída a energia solar produzida nesse mês à energia útil produzida pela bomba, de modo a que de seguida se afete com o COP mensal a nova energia útil, usando a equação (8), obtendo-se assim o consumo da bomba de calor em articulação com os painéis solares híbridos, obtendo-se um consumo de 54434.52 kWh anuais.

5.6. SOLUÇÃO 2: CALDEIRA A GÁS NATURAL E PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS

A outra solução ponderada consiste na integração de uma caldeira alimentada a gás natural juntamente com coletores solares térmicos, com o propósito da produção de AQS.

O procedimento inicial envolveu a escolha de uma caldeira capaz de satisfazer os 49.40 kW de potência térmica necessários, tendo a escolha recaído sobre modelo EcoTherm Plus WGB 50 da, uma caldeira mural de condensação, presente na Figura 61, cujas principais características encontram-se listadas na Tabela 53. No Anexo 31 encontra-se a ficha técnica deste equipamento.



Figura 61 - ECOTHERM PLUS WGB 50 da *BAXI* [15].

Tabela 53 - Principais características do modelo ECOTHERM PLUS WGB 50 da *BAXI* [15].

Potência útil 80/60 °C* [kW]	48.5
Potência útil 50/30 °C* [kW]	51.9
Rendimento útil carga 30%	*96.8
Rendimento útil carga 100%	*89.6

*Os rendimentos apresentados são com base no poder calorífico superior do combustível

Relativamente aos depósitos de acumulação, foram utilizados os mesmos modelos da solução 1, sendo que o sistema de funcionamento em série é também ele considerado igual. No que concerne ao sistema de painéis solares térmicos, foi utilizado o sistema descrito anteriormente no subcapítulo 5.4.1 com um total de 20 painéis divididos em 4 baterias. A lista final de componentes bem como o seu custo encontram-se presentes na Tabela 92 do Anexo 30. De notar que a bomba considerada para transportar a água quente até aos pontos de consumo mais distantes é a mesma que a considerada na solução 1. Na Figura 62, é visível o esquema de princípio desta solução, bastante semelhante ao da solução 1, alterando apenas a tipologia de painéis solares e a fonte térmica geradora de AQS que passa a ser uma caldeira de condensação a gás natural.

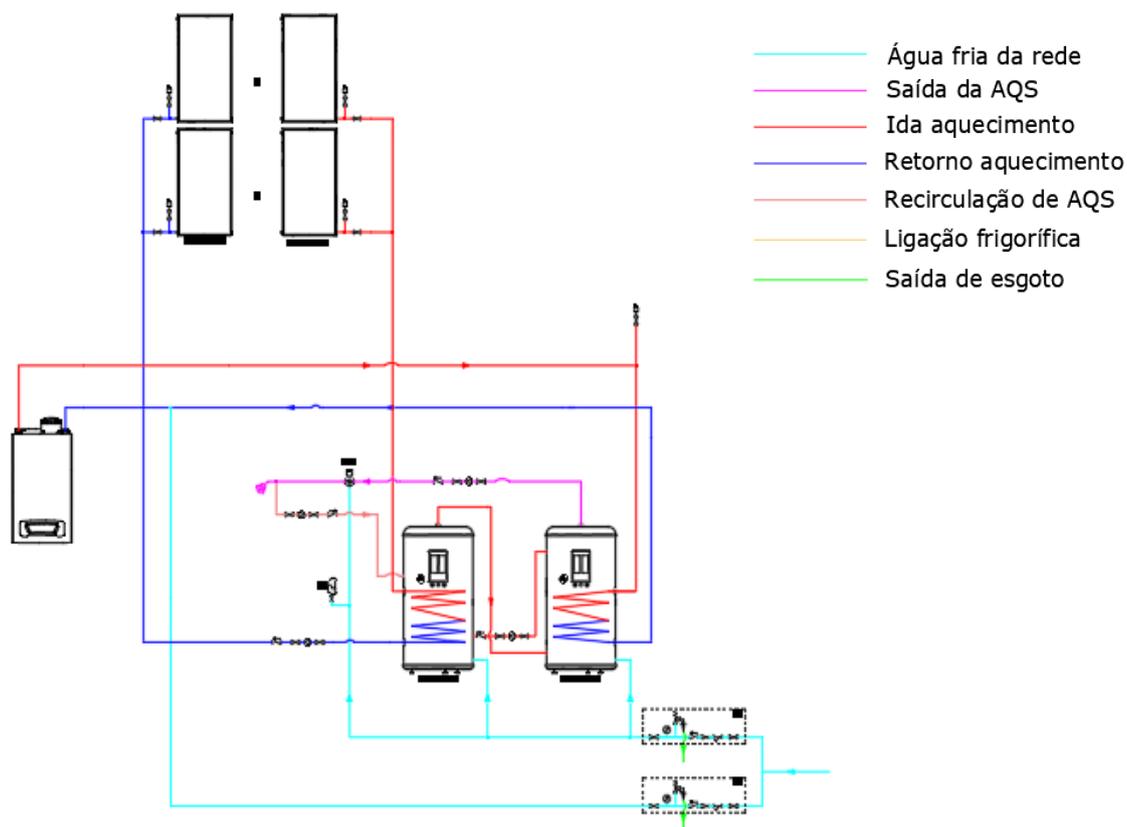


Figura 62 - Esquema de princípio de funcionamento da solução 2: Caldeira a gás natural + Depósitos de acumulação + painéis solares térmicos

De maneira a estimar os consumos anuais de caldeira de condensação a gás natural utilizada, foi subtraído ao total de energia útil obtido nas simulações no SCE.ER a contribuição solar, obtendo-se um total de 141 865.06 kWh de energia útil. De seguida, afetou-se este valor pelo rendimento da caldeira utilizada (89.6 %) obtendo-se um total de 158 331.54 kWh consumidos.

5.7. COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

Com o intuito de perceber a influência e impacto de cada solução em termos monetários, a nível ambiental e no que concerne à certificação energética do hotel, neste subcapítulo é efetuada uma análise económica de modo a aferir qual a solução mais vantajosa do ponto de vista económico, uma análise ambiental simples relativamente às emissões de CO_2 poupadas por ano com cada solução, não tendo em conta emissões referentes a etapas relacionadas com o fabrico ou fim de vida de cada produto, e por fim é analisada a variação da classe energética do edifício para cada solução idealizada.

5.7.1. ANÁLISE ECONÓMICA

De modo a aferir qual a melhor solução do ponto de vista económico, foi elaborado o gráfico da Figura 63, em que é feita uma análise ao longo de 25 anos do balanço de custos (custo inicial de cada solução e custos energéticos operacionais anuais) e de proveitos energéticos (contribuição da energia solar). De notar que ambas as soluções apresentam um custo inicial (cerca de 98 371.63 € para a solução 1 e 42 944.4 € para a solução 2) e que os custos operacionais são superiores às contribuições de energia renovável por parte dos sistemas de energia solar, o que leva ao declive negativo de ambas as curvas.

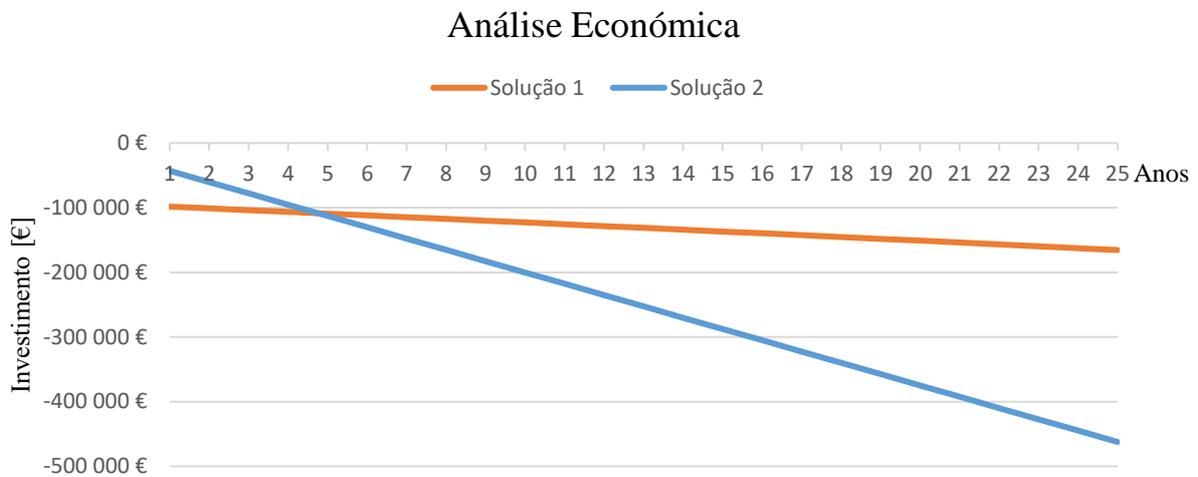


Figura 63 - Evolução do investimento de cada solução ao longo dos 25 anos de vida do projeto.

Pela análise do gráfico da Figura 63, constata-se que apesar de a solução 1 ter um investimento inicial mais elevado, ao fim de 4 anos leva a um menor investimento comparativamente à solução 2, o que se deve principalmente ao facto de os custos operacionais da solução 1 serem menores que os da solução 2 (9335.62 € anuais para a solução 1 e 22603.95 € anuais para a solução 2). No gráfico da Figura 64, evidencia-se a poupança da solução 1 comparativamente à solução 2, ao longo dos 25 anos de vida do projeto.

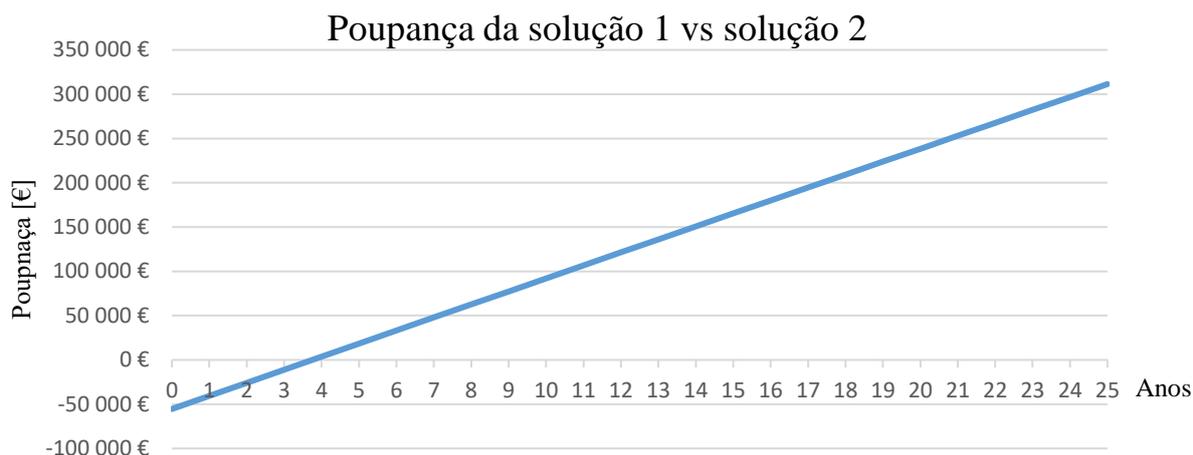


Figura 64 - Poupança monetária da solução 1 comparativamente à solução 2 ao longo de 25 anos.

5.7.2. ANÁLISE AMBIENTAL

Com vista a determinar qual a melhor solução em termos ambientais, foram estimadas para cada solução, as emissões de CO_2 anuais emitidas e posteriormente comparadas as soluções num período de 25 anos. Deste modo, o primeiro passo foi utilizar os fatores de conversão de energia final em energia primária presentes na Tabela 57. De seguida, foram utilizados os fatores de conversão de energia primária para emissões de CO_2 presentes na Tabela 54, sendo que os valores de emissões de CO_2 determinados para cada solução encontram-se na Tabela 55.

Tabela 54 - Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO_2 [11].

Tipo de energia	Fator de conversão [$kgCO_2/kWh_{EP}$]
Eletricidade	0.144
Gasóleo	0.267
Gás natural	0.202
GPL canalizado (propano)	0.170
GPL garrafas	
Renovável	0
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	0.006

Tabela 55 - Determinação das emissões de CO₂ emitidas por cada solução, ao longo de um ano.

Solução	Energia final [kWh]	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]	Energia primária [kWh _{EP}]	Fator de conversão [kgCO ₂ /kWh _{EP}]	CO ₂ emitido [kgCO ₂]
Solução 1	54 434	2.5	136 086	0.144	19 596
Solução 2	158 332	1	158 332	0.202	31 983

Posto isto, no gráfico da Figura 65 encontra-se a comparação das emissões de CO₂ das duas soluções ao longo de 25 anos, onde denota-se uma poupança efetivamente maior com a utilização da solução 1 ao invés da solução 2 sendo que ao fim do primeiro ano de utilização são poupadas 12.4 tonCO₂. No gráfico da Figura 66 encontra-se o acumulado de emissões poupadas com a utilização da solução 1 ao invés da solução 2, onde se regista uma poupança de 4025.6 tonCO₂ em 25 anos.

Comparação de emissões de CO₂ das duas soluções

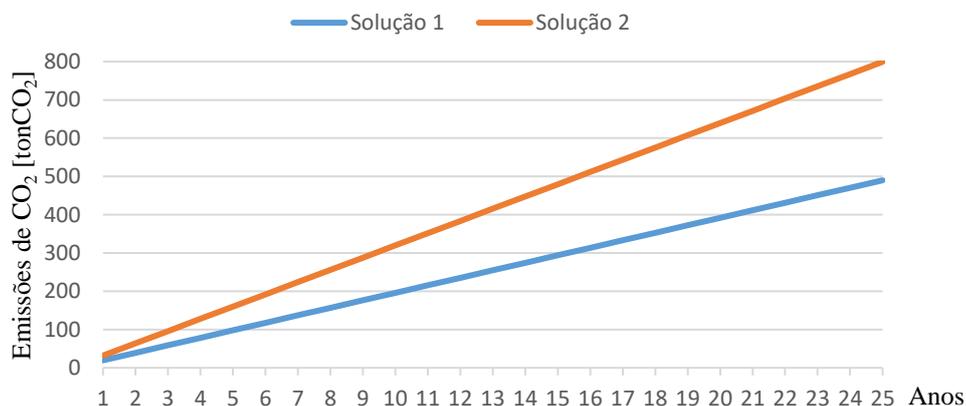


Figura 65 - Comparação de emissões de CO₂ das duas soluções.

Acumulado de emissões solução 1 vs solução 2

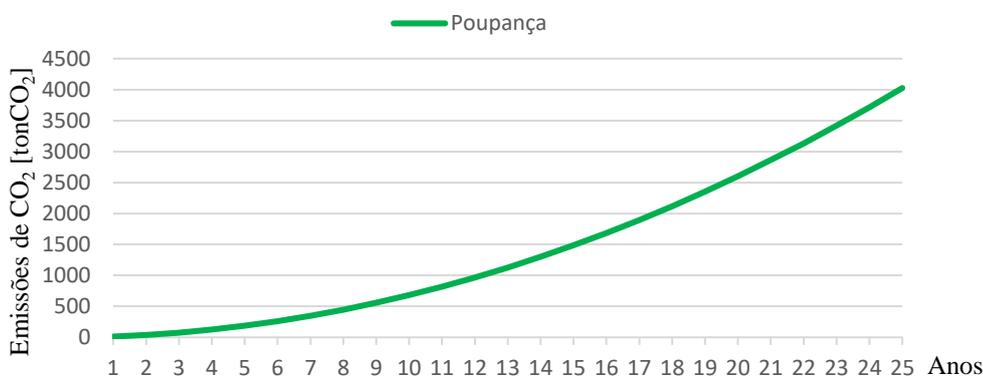


Figura 66 - Acumulado de emissões poupadas ao longo de 25 anos de utilização da solução 1 ao invés da solução 2.

5.7.3. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO PARA AS VÁRIAS SOLUÇÕES

A última métrica da comparação das soluções, é perceber qual o impacto e influência de cada uma delas na classe energética do hotel. Com vista a determinar a classe energética do edifício, é necessário determinar o R_{IEE} , que é rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços, determinado através da equação (24), em que $IEE_{pr,S}$ representa o indicador de eficiência energética previsto do tipo S [$kWh_{EP}/(m^2.ano)$], $IEE_{pr,ren}$ é o indicador de eficiência previsto renovável [$kWh_{EP}/(m^2.ano)$] e $IEE_{REF,S}$ é o indicador de eficiência energética de referência do Tipo S [$kWh_{EP}/(m^2.ano)$].

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (24)$$

Os consumos energéticos do edifício podem ser divididos em dois tipos, os consumos de energia para os usos regulados (consumos tipo S) e os consumos de energia para os usos não regulados (consumos tipo T). Na Tabela 56 encontra-se a divisão e definição de quais os consumos de tipo S e tipo T. De notar que para a determinação da classe energética do edifício apenas são necessários os consumos do tipo S tal como evidenciado na equação (24).

Tabela 56 - Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T [11].

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

Posto isto, o valor de $IEE_{pr,S}$, foi determinado de acordo com a equação (25), em que A_{tot} representa a área total de pavimento do hotel [m^2]; $E_{s,i}$ é o consumo de energia dos usos do tipo S, por fonte de energia [kWh/ano] e $F_{pu,i}$ representa o fator de conversão de energia final para energia

primária para a fonte de energia i , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh], obtido pela consulta da Tabela 57.

$$IEE_{pr,s} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{s,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (25)$$

Tabela 57 - Fatores de conversão de energia final para energia primária [11].

Tipo de energia	F_{pu} [kWh_{EP}/kWh]
Eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável)	2.50
Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não renováveis	1.00
Energia térmica de origem renovável	1.00
Energia proveniente da rede urbana de frio e calor da Climaespaço, Parque das Nações, Lisboa	1.06
Energia proveniente de sistemas de cogeração no edifício de referência	1.86
Energia proveniente de sistemas de trigeração no edifício de referência	1.70

Para a determinação do valor de $E_{s,i}$ por fonte de energia, utilizaram-se do dados provenientes da simulação do edifício previsto no *HAP*, bem como as necessidades de AQS, que foram determinadas pelo uso da equação (26), em que Q_{AQS} representa as necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano], C_{AQS} é o consumo anula de AQS [l/ano] e ΔT é o aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS (diferença entre a temperatura de acumulação e a temperatura da água da rede) [$^{\circ}C$]. De maneira a determinar o valor de forma mais correta, foram retiradas as temperaturas médias da água da rede para cada mês do *software* SCE.ER, fazendo assim o cálculo mês a mês e somando os valores de Q_{AQS} mensais, obtendo um total de 178486.28 kWh anuais. Na Tabela 93 do Anexo 32 encontra-se o cálculo efetuado.

$$Q_{AQS} = \frac{(C_{AQS} \cdot 4.187 \cdot \Delta T)}{3600} \quad (26)$$

Na Tabela 58 e na Tabela 59 estão presentes os resultados obtidos em função dos sistemas consumidores de energia, para a solução 1 e solução 2 respetivamente, onde entende-se por energia renovável aquela que é produzida subtraindo a energia consumida em cada sistema (nos sistemas de climatização). De notar que para a solução 1, a contribuição de energia renovável nos sistemas de AQS não é dada pela diferença entre as necessidades e a energia final, mas sim pela energia produzida pelos painéis solares híbridos, isto porque o *SPF* da bomba de calor é inferior a 2.5 (é aproximadamente 2.375) o que, segundo o Manual SCE, leva que a contribuição renovável não seja considerada. Para a

solução 2, a componente renovável dos sistemas de AQS diz respeito à energia produzida pelos painéis solares térmicos, sendo a energia final igual aos consumo energéticos determinados anteriormente no subcapítulo 5.6.

Tabela 58 - Necessidades energéticas, energia final e energia renovável por sistema do edifício previsto com os consumos dos sistemas de AQS da solução 1.

Sistema	Necessidades [kWh/ano]	Energia final [kWh/ano]	Energia renovável [kWh/ano]
Arrefecimento	259309	27081	232228
Aquecimento	10850	1084	9766
Ventilação	88251	88251	0
Iluminação	62738	62738	0
Sistemas AQS	178486	54435	28458
Bombas AQS	1891	1891	0

Tabela 59 - Necessidades energéticas, energia final e energia renovável por sistema do edifício previsto com os consumos dos sistemas de AQS da solução 2.

Sistema	Necessidades [kWh/ano]	Energia final [kWh/ano]	Energia renovável [kWh/ano]
Arrefecimento	259309	27081	232228
Aquecimento	10850	1084	9766
Ventilação	88251	88251	0
Iluminação	62738	62738	0
Sistemas AQS	178486	158332	36436
Bombas AQS	1891	1891	0

Posto isto, utilizando-se a equação (25) e os respetivos valores de F_{pu} presentes na Tabela 57 em função de cada sistema, obteve-se um $IEE_{pr,s}$ de 191.53 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 1 e 195.95 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 2.

Para a determinação do $IEE_{ref,s}$, o processo efetuado foi semelhante à determinação do $IEE_{pr,s}$, sendo para o efeito utilizados os valores dos consumos da simulação do edifício de referência do HAP, onde não é tido em conta o contributo da energia renovável. Para as necessidades de AQS foi necessário adotarem-se as eficiências dos equipamentos indicadas na Tabela 60, em função do sistema do edifício previsto, sendo adotado para a solução 1 uma bomba de calor com eficiência igual a 2.8 e para solução 2 uma caldeira com eficiência igual a 0.89 alimentada a gás natural.

Tabela 60 - Eficiência de referência dos sistemas para edifícios de comércio e serviços [11].

Uso regulado	Sistema no edifício previsto	Sistema a considerar no edifício de referência
AQS e AQP	Sistema que recorre a queima de combustível	Caldeira com eficiência igual a 0.89, alimentada pelo mesmo tipo de combustível de sistema no edifício previsto
	Solar térmico	Sistema de apoio do edifício previsto ou, na ausência deste, caldeira com eficiência igual a 0.89, alimentada a combustível líquido ou gasoso
	Bomba de calor	Bomba de calor com eficiência igual a 2.80
	Cogeração ou trigeração	Cogeração ou trigeração
	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico com eficiência igual a 0.95
	Outros sistemas	Caldeira com eficiência igual a 0.89, alimentada pelo mesmo tipo de combustível do sistema no edifício previsto

Posto isto, na Tabela 61 e na Tabela 62 encontram-se os valores dos consumos de energia dos sistemas do edifício de referência para a solução 1 e para a solução 2 respetivamente.

Tabela 61 - Necessidades energéticas e energia final do edifício de referência com os consumos dos sistemas de AQS da solução 1.

Sistema	Necessidades [kWh/ano]	Energia final [kWh/ano]
Arrefecimento	157476	36813
Aquecimento	168070	37245
Ventilação	39944	39944
Iluminação	62738	62738
Sistemas AQS	178486	63745
Bombas AQS	1891	1891

Tabela 62 - Necessidades energéticas e energia final do edifício de referência com os consumos dos sistemas de AQS da solução 2.

Sistema	Necessidades [kWh/ano]	Energia final [kWh/ano]
Arrefecimento	157476	36813
Aquecimento	168070	37245
Ventilação	39944	39944
Iluminação	62738	62738
Sistemas AQS	178486	200546
Bombas AQS	1891	1891

Aplicando-se a equação (25) com as suas respetivas alterações e adaptações, obteve-se um $IEE_{ref,s}$ igual a 135.08 [kWh_{EP}/(m².ano)] para a solução 1 e 144.26 [kWh_{EP}/(m².ano)] para a solução 2.

Para a determinação do $IEE_{pr,ren}$ utiliza-se novamente a equação (25), realizando-se as respetivas alterações, sendo considerados como contributo de energias renováveis, os valores indicados na Tabela 58 e na Tabela 59 para a Solução 1 e 2 respetivamente, além dos 11 700 kWh/ano de contribuição elétrica dos painéis solares híbridos da Solução 1, obtendo-se um total de 66.81 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 1 e 59.75 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 2.

Desta forma, substituindo-se os valores na equação (24), obteve-se um R_{IEE} igual a 0.92 para a solução 1 e 0.94 para a solução 2, o que equivale em ambos os casos a uma classe energética B^- . O expectável seria que a solução com bomba de calor para a produção de AQS proporciona-se um valor de R_{IEE} mais favorável, contudo como o SPF da bomba de calor é inferior a 2.5, a sua contribuição renovável não é contabilizada, levando assim aos resultados obtidos.

5.8. MEDIDAS DE MELHORIA

Embora não fosse o objetivo nem o propósito deste trabalho, com o intuito de melhorar a classe energética do hotel, foi pensada uma medida de melhoria. Posto isto, a ideia consiste na utilização de painéis fotovoltaicos de forma a atenuar os consumos elétricos do edifício. Assim neste subcapítulo, é efetuado um estudo de viabilidade de instalação de painéis fotovoltaicos, onde é efetuada uma análise económica e ambiental, sendo que por fim é analisado o impacto da melhoria na classe energética do edifício.

5.8.1. ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Analisando a área disponível restante e considerando ambas as soluções para os sistemas produção das AQS, constata-se que o único local disponível para implementação de painéis fotovoltaicos seria a fachada sudeste, visível na Figura 67. A escolha desta fachada assenta em alguns pontos positivos e outro negativos, entre os quais o facto de ser orientada no quadrante sul e com reduzidos sombreamentos, contudo implica a que os painéis sejam instalados numa posição vertical, o que não é o mais indicado [29].

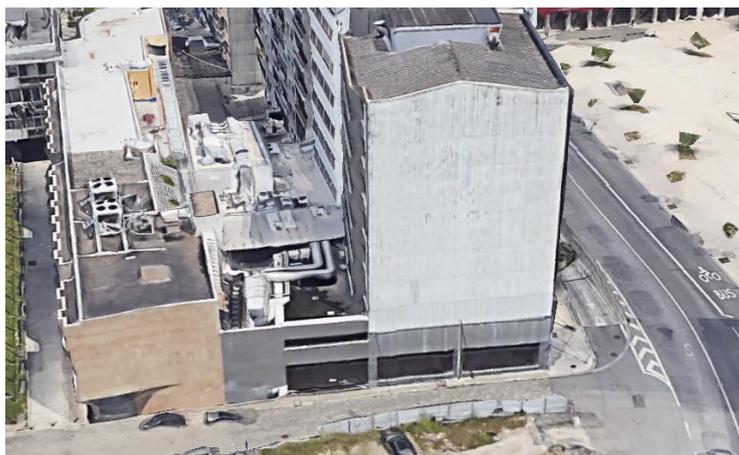


Figura 67 - Fachada sudeste onde serão implementados os painéis fotovoltaicos numa posição verão vertical.

O passo seguinte consistiu na seleção dos painéis fotovoltaicos a serem utilizados, tendo a escolha recaído sobre o módulo solar monocristalino 365 da *BAXI*, cujas principais características encontram-se descritas na Tabela 63, sendo que a ficha técnica está presente no Anexo 33.

Tabela 63 - Principais características do módulo solar monocristalino 365 da BAXI [15].

Potência nominal [Wp]	365
Altura [m]	1.76
Largura [m]	1.04

De notar que para cada instalação é necessário instalarem-se inversores de corrente, sendo selecionado a *Solar PV Box*, disponível em várias potências (1.5 kW, 2.5 kW, 3 kW, 5 kW, 8 kW, 10 kW), sendo que os vários modelos têm diferentes número de entradas máximo (filas de painéis conectadas). De modo a determinar a quantidade e a disposição de painéis a instalar, com base nas dimensões individuais de cada um e com base nas informações fornecidas pelo fabricante foram idealizadas duas possibilidades: 13 filas de 9 painéis (117 painéis instalados) e 10 filas de 9 painéis (90 painéis instalados). Na Tabela 94 do Anexo 34 encontram-se os produtos, quantidades e custos de cada possibilidade.

A tarefa seguinte passou por, tal como efetuado para a componente fotovoltaica dos painéis solares híbridos, lançar no SCE.ER o módulo solar monocristalino 365 da *BAXI*, preenchendo os campos da Figura 51.

Posto isto, na definição do perfil horário da potência elétrica em utilização no hotel, foram utilizados novamente os perfis de potência elétrica obtidos pela simulação dinâmica do edifício previsto, sendo

desta feita adicionados os valores de potência da bomba de calor, no caso da solução 1, solução considerada para este estudo.

De seguida procedeu-se à definição de um sistema solar fotovoltaico no SCE.ER, em que foi considerada uma orientação de -24° em azimute (orientação da fachada) e uma inclinação de 90° (posição vertical), sendo de seguida definidas as duas possibilidades de quantidade e disposição dos painéis fotovoltaicos, deixando-se os restantes parâmetros por defeito, de acordo com a Figura 53.

Após simulação no SCE.ER das duas possibilidades, constata-se que a possibilidade 1 (117 painéis) apresenta uma produção e consumos anuais de 41 813 kWh, enquanto que a possibilidade 2 apresenta uma produção e consumo iguais a 32 164 kWh. De notar que em ambos os casos não se verifica injeção na rede, uma vez que a produção é bastante inferior às necessidades de energia elétrica do hotel.

Com base nos custos iniciais de cada possibilidade (89 034 € para a possibilidade 1 e 64 359 € para a possibilidade 2), na produção de energia elétrica anual e no decaimento de produtividade do painéis, (cai dos 98 % para os 84.8 % ao fim de 25 anos [15]), foi elaborado o gráfico comparativo da Figura 68, em que se compara, novamente num período de vida útil de 25 anos, os proveitos financeiros de ambas as possibilidades, chegando-se à conclusão que ao fim de 25 anos a possibilidade 1 apresenta um valor monetário maior comparativamente à possibilidade 2, apesar de um maior investimento, sendo por isso adotada a possibilidade 1 (117 painéis fotovoltaicos instalados).

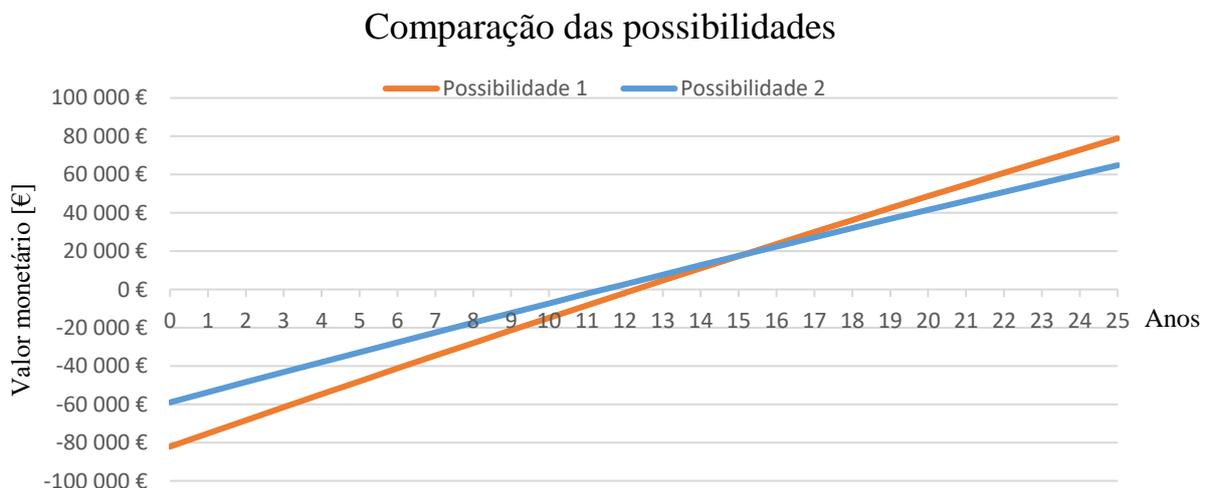


Figura 68 - Comparação das possibilidades de instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos.

O tempo de retorno desta medida de melhoria é de 12.3 anos, pelo que a TIR correspondente é de 5 %. Na Figura 69 encontra-se um esquema representativo desta instalação.

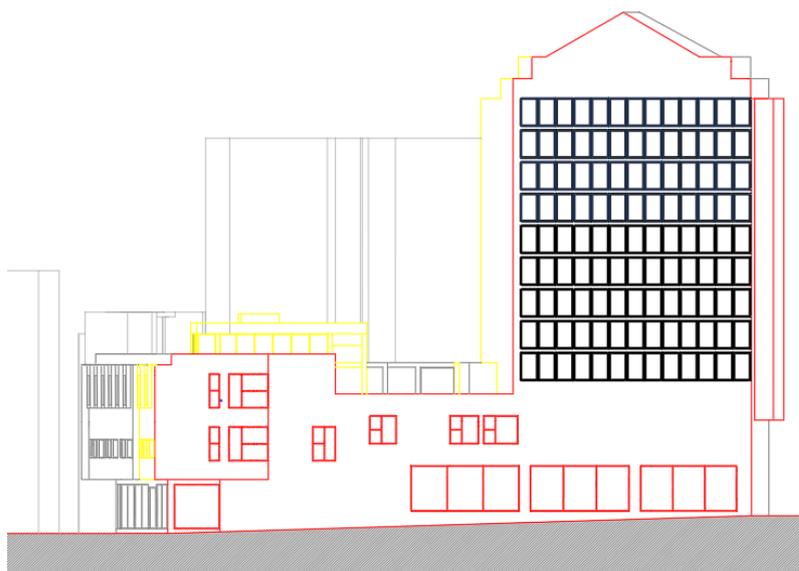


Figura 69 - Local de instalação dos painéis fotovoltaicos na fachada sudeste do edifício.

5.8.2. ANÁLISE AMBIENTAL

De modo análogo à análise ambiental efetuada às soluções propostas para os sistemas de produção de AQS no subcapítulo 5.7.2 , foi também feita uma estimativa das emissões de CO_2 poupadas ao longo de 25 anos com a utilização desta medida de melhoria, presente no gráfico da Figura 70. De destacar que as emissões poupadas decrescem ano a ano devido ao decaimento da produtividade dos painéis, sendo poupados um total de 364 $tonCO_2$ ao longo dos 25 anos de vida útil.

Emissões de CO_2 poupadas

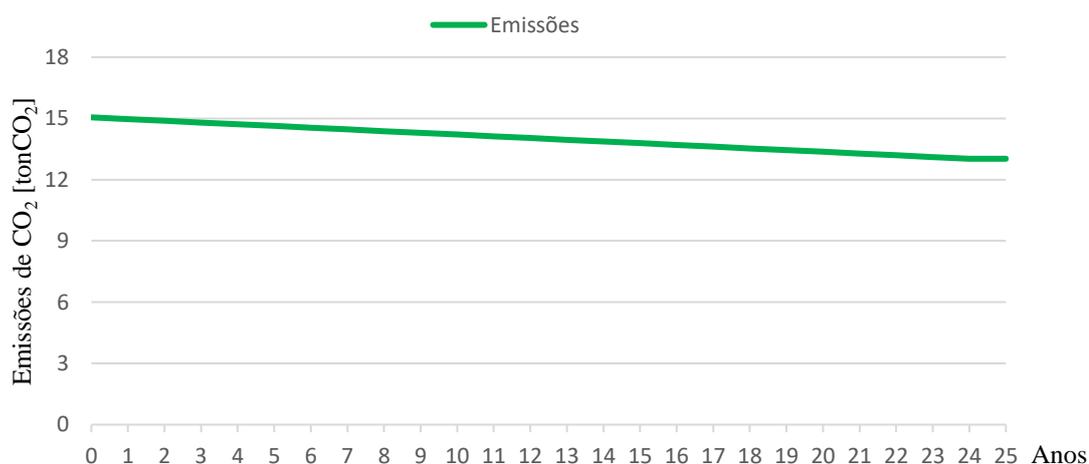


Figura 70 - Emissões de CO_2 poupadas ao longo de 25 anos com a utilização dos painéis fotovoltaicos.

5.8.3. IMPACTO NA CLASSE ENERGÉTICA

De maneira a estimar o impacto desta medida de melhoria na classe energética do hotel, foi analisada a sua influência em ambas as soluções propostas para o sistema gerador das AQS.

Continuando o raciocínio e o cálculo efetuado no subcapítulo 5.7.3, a contribuição dos painéis fotovoltaicos (41 813 kWh/ano) insere-se no $IEE_{pr,ren}$, sendo que foi novamente utilizada a equação (25), obtendo-se um $IEE_{pr,ren}$ igual a 90.12 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 1 e 83.06 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$] para a solução 2, o que se traduz numa classe energética B ($R_{IEE} = 0.75$) para a solução 1 e B^- para a solução 2 ($R_{IEE} = 0.78$).

6. CONCLUSÕES

Com a realização desta dissertação, foi possível retirar várias conclusões sobre os vários temas abordados, nomeadamente no que diz respeito à utilização do *software* de simulação dinâmica utilizado, o *HAP*, e o ao projeto do sistema de preparação das AQS.

Assim sendo, a etapa inicial deste projeto, que consistiu na caracterização do edifício em estudo, revelou-se uma etapa preponderante neste trabalho, já que a correta definição das soluções construtivas, dos sistemas de iluminação, dos caudais de ar novo e dos parâmetros climáticos permitiu posteriormente determinar as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento para cada espaço climatizado, levando à escolha dos equipamentos de climatização. Contudo neste projeto, devido à falta de informação no que concerne à constituição de alguns elementos da envolvente opaca e dos sistemas de iluminação fixa, foi necessário seguirem-se as simplificações indicadas no Manual SCE (majoração em 35 % dos coeficientes de transmissão térmica e sistemas de iluminação fixa de referência), o que afetou os resultados finais obtidos.

Posto isto, o passo seguinte consistiu na determinação dos consumos energéticos dos sistemas técnicos do edifício previsto e de referência (não contabilizando os sistemas de preparação de AQS) através da utilização do *HAP*, sendo para o edifício previsto obtido um total de 374 985 kWh anuais, em que constata-se que 47 % dos consumos são relativos a outros equipamentos elétricos, o que revela a importância na definição destes parâmetros em futuros trabalhos. As parcelas seguintes dizem respeito aos consumos associados à ventilação (24%), à iluminação dos espaços (17 %) e por fim a climatização (12%). Dentro dos 12 % de climatização, 98 % dizem respeito ao arrefecimento ambiente e 2 % ao aquecimento. Esta diferença significativa de valores deve-se ao facto de a simulação ser efetuada para uma ocupação do hotel de 100% ao longo do ano, o que leva a elevados ganhos térmicos internos, devido à ocupação humana, iluminação e utilização de equipamentos elétricos, que se tornam suficientes para satisfazer as necessidades de aquecimento do hotel ao longo do ano, sendo necessário em trabalhos futuros explorar as funcionalidades do *HAP* ou outro *software* de simulação dinâmica de modo a simular para outras taxas de ocupação. Outro fator preponderante foi não considerar uma possibilidade de *free-cooling* no *HAP*, o que levaria a menores consumos associados ao arrefecimento ambiente. Relativamente ao edifício de referência obteve-se um total de 371 415 kWh, em que 48% dizem respeito a outros equipamentos elétricos, cerca de 21 % dizem respeito a consumos associados a iluminação, 20 % aos sistemas de climatização e 11% são consumos de ventilação, sendo que dentro dos 20 % associados à climatização, 50% dizem respeito a arrefecimento e os restantes 50 % a aquecimento.

No que diz respeito à definição do sistema de geração de AQS, primeiramente foram analisados as limitações e constrangimentos técnicos para a instalação de um sistema de preparação das AQS, concluindo-se que o único espaço disponível para o alojamento dos depósitos de acumulação e das máquinas de produção era a Zona técnica 1.07 e que a única área de cobertura disponível para a utilização de sistemas de aproveitamento da energia solar era a cobertura exterior do piso 7. Posto isto foi efetuado um estudo sobre o aproveitamento e rentabilização da área de cobertura disponível, sendo analisadas quais as melhores combinações entre uma bomba de calor e uma caldeira a gás natural quanto ao equipamento gerador, e entre painéis solares térmicos e painéis solares híbridos quanto aos sistemas de aproveitamento da energia solar. Com o auxílio da folha de cálculo SCE.ER determinou-se que, no que concerne à bomba de calor, o melhor sistema solar são os painéis solares híbridos, uma vez que apresentam um tempo de retorno mais reduzido (8.9 anos para 10.2 anos) comparativamente aos painéis solares térmicos, ao fim de 7 anos já trazem maiores poupanças e a TIR é também superior (10 % para 9%). Relativamente à caldeira a gás natural, a melhor combinação é com painéis solares térmicos, visto apresentarem um tempo de retorno inferior (4.5 para 5.4 anos) e um TIR superior (22 % para 18 %) comparativamente aos painéis solares híbridos.

Seguidamente, foram comparadas as duas soluções: bomba de calor e painéis solares híbridos (Solução 1) e caldeira a gás natural e painéis solares térmicos (Solução 2), sendo que do ponto de vista económico a Solução 1 ao fim de 4 anos leva um a menor investimento comparativamente à Solução 2. Do ponto de vista ambiental, numa análise efetuada a 25 anos, a solução 1 leva a uma poupança de 4025.63 $tonCO_2$, comparativamente à Solução 2, sendo que logo no primeiro ano de utilização leva a uma poupança de 12.4 $tonCO_2$. Relativamente à classe energética do hotel, com a implementação de ambas as soluções, a classe energética foi para ambas B^- . Tendo em conta os três parâmetros de comparação, constata-se que a solução a ser implementada deve ser a Solução 1.

Por fim, foi apresentada uma medida de melhoria com vista a melhorar a classe energética do edifício, sendo para o efeito considerada a instalação de 117 painéis fotovoltaicos na fachada sudeste do hotel, que produzem um total de 41 813 $kWh./ano$. Esta medida de melhoria apresenta um tempo de retorno de 12.3 anos e uma TIR igual a 5%, sendo que permite poupar, ao fim de 25 anos 364 $tonCO_2$. Com a implementação desta medida de melhoria, e considerando as diferentes soluções de AQS, constata-se que a solução 1 passa para uma classe energética B , ao passo que a solução 2 mantém-se em B^- .

Em suma, o trabalho efetuado permitiu a identificação e definição de duas possíveis soluções para o sistema gerador de AQS deste hotel, uma vez que ambas cumprem os requisitos estabelecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Eficiência energética nos edifícios -». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.adene.pt/eficiencia-energetica-nos-edificios/>
- [2] «Guia SCE-Certificação Energética dos Edifícios».
- [3] «Legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.sce.pt/legislacao/>
- [4] «Decreto-Lei nº101-D/2020», *Diário da República*, Dez. 2020.
- [5] «Portaria nº 138-I/2021», *Diário da República*, Jul. 2021.
- [6] «Despacho nº 6476-E/2021», *Diário da república*, Jul. 2021.
- [7] «Hourly Analysis Program | Carrier Carrier Commercial North America». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/>
- [8] «Higiene Pública em Roma - Infopédia». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$higiene-publica-em-roma](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$higiene-publica-em-roma)
- [9] Sede, «CALEFFI Componentes Hidrotérmicos, Lda». [Em linha]. Disponível em: www.caleffi.pt
- [10] «[5ª ed] Yunus A. Çengel - Termodinâmica 5ª ed(0) - ».
- [11] M. SCE Pág, «Manual SCE».
- [12] «Conheça os tipos de combustíveis utilizados em caldeiras - Coontrol Blog». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://blog.coontrol.com.br/combustiveis-utilizados-em-caldeiras/>
- [13] «Caldeiras de Condensação - Aproveitamento total da energia!» Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.obras360.pt/caldeiras-de-condensacao—aproveitamento-total-da-energia>
- [14] INETI, «Instalações Solares Térmicas», Jan. 2007.
- [15] «BAXI Catalogo Tabela 2023». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://catalogo.baxi.pt/.tabela/#page=1>
- [16] «Solar Térmico: sistemas e sua constituição - O Instalador - Informação profissional do setor das instalações em Portugal». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.oinstalador.com/Artigos/265418-Solar-Termico-sistemas-e-sua-constituicao.html>
- [17] «Guia SCE-Conceitos e Definições (RECS)».

- [18] anicolor, «Sistema Kristal».
- [19] systemair, «Topvex», 2021.
- [20] «Decreto-Lei nº79/2006», *Diário da República*, Abr. 2006.
- [21] Sede, «CALEFFI Lda Componentes Hidrotérmicos». [Em linha]. Disponível em: www.caleffi.pt
- [22] Pedroso, V.M.R, *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de águas*, 4ª edição. LNEC, 2008.
- [23] DAIKIN, «Sistemas de Produção de AQS por Bomba de Calor - Webinar», 2022.
- [24] «El panel solar más eficiente y rentable | Ahora Solar». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://abora-solar.com/>
- [25] P. V. Ferreira, «Textos de apoio Avaliação e Seleção de Projetos».
- [26] «Clima, condições meteorológicas e temperatura média por mês de Porto (Portugal) - Weather Spark». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/32397/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Porto-Portugal-durante-o-ano>
- [27] DAIKIN, *Catálogo geral 2022*. 2022.
- [28] «Grundfos Product Center | Dimensionamento e seleção de bombas e soluções de bombeamento | Grundfos». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://product-selection.grundfos.com/pt>
- [29] «Em Portugal qual deve ser a orientação e inclinação dos painéis solares - Energia Solar». Acedido: 26 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://energiasolare.blogs.sapo.pt/80383.html>

Anexo 1. IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS

Tabela 64 - Identificação e classificação dos espaços.

Referência	Descrição	Piso	Área total [m ²]	Pé-direito [m]	EU/ENU
-1.01	Estacionamento	-1	432.64	3.27	ENU
-1.02	Zona técnica 1	-1	7.97	3.27	ENU
-1.03	Zona técnica 2	-1	29.97	3.27	ENU
-1.04	Zona técnica 3	-1	15.36	3.27	ENU
-1.05	Zona técnica 4	-1	17.50	3.27	ENU
-1.06	Sala de máquinas 1	-1	3.34	3.27	ENU
-1.07	Sala de máquinas 2	-1	4.00	3.27	ENU
-1.08	Arrumos	-1	21.18	3.27	ENU
-1.09	Sala segurança	-1	15.54	3.27	ENU
-1.10	Elevador	-1	2.89	3.27	EU
-1.11	Antecâmara (Elevadores)	-1	6.15	3.27	ENU
-1.13	Cozinha do restaurante	-1	47.25	2.52	EU
-1.14	Corredor de Circulação	-1	6.47	2.52	EU
-1.15	Balneários Masculinos	-1	10.84	2.52	EU
-1.16	Balneários Femininos	-1	19.66	2.52	EU
-1.17	Antecâmara dos Balneários	-1	6.77	2.52	EU
-1.18	Apoio à cozinha	-1	23.91	2.52	EU
-1.19	Sala de refeições	-1	231.96	2.52	EU
-1.20	Escadas (Circulação)	-1	13.06	2.52	EU
-1.21	Elevadores	-1	4.31	2.52	EU
-1.22	Zona técnica	-1	9.30	2.52	ENU
0.01	Atrium de entrada	0	227.65	2.80	EU
0.02	Recepção	0	11.49	2.80	EU
0.03	Bar	0	11.03	2.80	EU
0.04	Apoio à recepção	0	9.17	2.80	EU
0.05	Bagagens	0	10.32	2.80	EU
0.06	Antecâmara I.S	0	10.32	2.80	EU
0.07	I.S Mobilidade Reduzida M	0	3.37	2.80	EU

0.08	I.S Mobilidade Reduzida F	0	3.37	2.80	EU
0.09	I.S. M	0	2.92	2.80	EU
0.10	I.S. F	0	1.92	2.80	EU
0.11	Atrium Elevadores	0	5.75	2.80	EU
0.12	Elevadores	0	4.27	2.80	EU
0.13	Escadas (Circulação)	0	12.67	2.80	EU
0.14	Zona Técnica	0	8.59	2.80	ENU
0.15	Escadas (Circulação)	0	28.72	2.80	EU
0.16	Sala de Reuniões	0	19.13	2.80	EU
0.17	Sala de Administração	0	30.94	2.80	EU
0.18	Corredor de Circulação	0	94.07	3.57	EU
0.19	I.S mista	0	6.47	3.57	EU
0.20	Elevador	0	2.89	3.57	EU
0.21	Sala de eventos	0	141.96	3.57	EU
G.01	Corredor Circulação	G	180.73	2.35	EU
G.02	Elevadores	G	4.27	2.35	EU
G.03	Câmara corta-Fogo	G	4.84	2.35	EU
G.04	Escadas	G	12.25	2.35	EU
G.05	Arrumos	G	10.59	2.35	EU
G.06	Zona técnica	G	15.62	2.35	ENU
G.07	Escadas (Circulação)	G	13.52	2.35	EU
G.08	Zona técnica	G	33.23	2.35	ENU
G.09	Elevador	G	2.89	2.35	EU
G.10	Escadas	G	18.07	3.12	ENU
Q.01	Quarto	G	20.81	3.12	EU
I.S 01	I.S	G	4.65	3.12	EU
Q.02	Quarto	G	19.49	3.12	EU
I.S 02	I.S	G	4.68	3.12	EU
Q.03	Quarto	G	19.46	3.12	EU
I.S 0.3	I.S	G	4.60	3.12	EU
Q.04	Quarto	G	19.39	3.12	EU
I,S 0.4	I.S	G	4.60	3.12	EU
Q.05	Quarto	G	19.59	3.12	EU
I.S 05	I.S	G	4.57	3.12	EU
Q.06	Quarto	G	19.00	3.12	EU

I.S 06	I.S	G	4.70	3.12	EU
Q.07	Quarto	G	21.82	3.12	EU
I.S 07	I.S	G	4.51	3.12	EU
Q.08	Quarto	G	21.15	3.12	EU
I.S 08	I.S	G	8.04	3.12	EU
Q.09	Quarto	G	18.37	3.12	EU
I.S 09	I.S	G	4.60	3.12	EU
Q.10	Quarto	G	18.99	3.12	EU
I.S 10	I.S	G	4.60	2.35	EU
Q.11	Quarto	G	19.50	2.35	EU
I.S 11	I.S	G	4.60	2.35	EU
Q.12	Quarto	G	51.53	2.35	EU
I.S 12	I.S	G	9.70	2.35	EU
Q.13	Quarto	G	26.11	2.35	EU
I.S 13	I.S	G	4.72	2.35	EU
Q.14	Quarto	G	19.47	2.35	EU
I.S 14	I.S	G	4.49	2.35	EU
Q.15	Quarto	G	19.46	2.35	EU
I.S 15	I.S	G	4.49	2.35	EU
Q.16	Quarto	G	19.45	2.35	EU
I.S 16	I.S	G	4.49	2.35	EU
Q.17	Quarto	G	19.00	2.35	EU
I.S 17	I.S	G	4.83	2.35	EU
1.01	Corredor de Circulação	1	28.16	2.75	EU
1.02	Elevadores	1	4.62	2.75	EU
1.03	Escadas	1	12.60	2.75	EU
1.04	Copa dos Funcionários	1	8.34	2.75	EU
1.05	Escadas	1	12.17	3.42	EU
1.06	Antecâmara	1	3.00	3.42	EU
1.08	Corredor de Circulação	1	108.31	2.75	EU
1.10	Elevador	1	2.89		EU
1.11	Escadas	1	16.85		EU
1.14	Antecâmara (Quartos)	1	4.44		EU
Q.18	Quarto	1	20.47	2.75	EU
I.S 18	I.S	1	4.59	2.75	EU
Q.19	Quarto	1	19.64	2.75	EU
I.S 19	I.S	1	4.57	2.75	EU

Q.20	Quarto	1	19.46	2.75	EU
I.S 20	I.S	1	4.62	2.75	EU
Q.21	Quarto	1	19.35	2.75	EU
I.S 21	I.S	1	4.62	2.75	EU
Q.22	Quarto	1	19.58	2.75	EU
I.S 22	I.S	1	4.61	2.75	EU
Q.23	Quarto	1	18.73	2.75	EU
I.S 23	I.S	1	4.60	2.75	EU
Q.24	Quarto	1	21.38	2.75	EU
I.S 24	I.S	1	4.45	2.75	EU
Q.25	Quarto	1	22.69	2.75	EU
I.S 25	I.S	1	8.27	2.75	EU
Q.26	Quarto	1	21.15	2.75	EU
I.S 26	I.S	1	4.49	2.75	EU
Q.27	Quarto	1	22.64	2.75	EU
I.S 27	I.S	1	4.49	2.75	EU
Q.28	Quarto	1	18.06	2.75	EU
I.S 28	I.S	1	3.74	2.75	EU
Q.29	Quarto	1	17.74	2.75	EU
I.S 29	I.S	1	4.42	2.75	EU
Q.30	Quarto	1	19.40	2.75	EU
I.S 30	I.S	1	4.49	2.75	EU
Q.31	Quarto	1	19.38	2.75	EU
I.S 31	I.S	1	4.49	2.75	EU
Q.32	Quarto	1	19.38	2.75	EU
I.S 32	I.S	1	4.49	2.75	EU
Q.33	Quarto	1	18.97	2.75	EU
I.S 33	I.S	1	4.41	2.75	EU
2.01	Circulação	2	28.16	2.75	EU
2.02	Elevadores	2	4.62		EU
2.03	Escadas	2	12.60		EU
2.04	Copa	2	8.34	2.75	EU
2.05	Elevador	2	2.89		ENU
2.06	Antecâmara elevadores	2	10.79	2.90	ENU
2.07	Zona técnica	2	11.88	2.90	ENU
2.08	Zona técnica	2	33.31	2.90	ENU
2.11	I.S	2	4.44	2.90	ENU
2.12	Antecâmara (Quartos)	2	4.57	2.90	EU

Q.34	Quarto	2	21.15	2.75	EU
I.S 34	I.S	2	4.49	2.75	EU
Q.35	Quarto	2	23.03	2.75	EU
I.S 35	I.S	2	4.49	2.75	EU
Q.36	Quarto	2	18.44	2.75	EU
I.S 36	I.S	2	3.74	2.75	EU
Q.37	Quarto	2	18.13	2.75	EU
I.S 37	I.S	2	4.42	2.75	EU
Q.38	Quarto	2	18.91	2.75	EU
I.S 38	I.S	2	4.50	2.75	EU
Q.39	Quarto	2	18.91	2.75	EU
I.S 39	I.S	2	4.50	2.75	EU
Q.40	Quarto	2	18.91	2.75	EU
I.S 40	I.S	2	4.50	2.75	EU
Q.41	Quarto	2	19.30	2.75	EU
I.S 41	I.S	2	4.41	2.75	EU
3.01	Circulação	3	28.16	2.75	EU
3.02	Elevadores	3	4.62	2.75	EU
3.03	Escadas	3	12.60	2.75	EU
3.04	Copa	3	8.34	2.75	EU
3.05	Antecâmara (Quartos)	3	4.57	2.75	EU
Q.42	Quarto	3	21.15	2.75	EU
I.S 42	I.S	3	4.49	2.75	EU
Q.43	Quarto	3	23.03	2.75	EU
I.S 43	I.S	3	4.49	2.75	EU
Q.44	Quarto	3	18.44	2.75	EU
I.S 44	I.S	3	3.74	2.75	EU
Q.45	Quarto	3	18.13	2.75	EU
I.S 45	I.S	3	4.42	2.75	EU
Q.46	Quarto	3	18.91	2.75	EU
I.S 46	I.S	3	4.50	2.75	EU
Q.47	Quarto	3	18.91	2.75	EU
I.S 47	I.S	3	4.50	2.75	EU
Q.48	Quarto	3	18.91	2.75	EU
I.S 48	I.S	3	4.50	2.75	EU
Q.49	Quarto	3	19.30	2.75	EU
I.S 49	I.S	3	4.41	2.75	EU
4.01	Circulação	4	28.16	2.75	EU

4.02	Elevadores	4	4.62	2.75	EU
4.03	Escadas	4	12.60	2.75	EU
4.04	Copa	4	8.34	2.75	EU
4.05	Antecâmara (Quartos)	4	4.57	2.75	EU
Q.50	Quarto	4	21.15	2.75	EU
I.S 50	I.S	4	4.49	2.75	EU
Q.51	Quarto	4	23.03	2.75	EU
I.S 51	I.S	4	4.49	2.75	EU
Q.52	Quarto	4	18.44	2.75	EU
I.S 52	I.S	4	3.74	2.75	EU
Q.53	Quarto	4	18.13	2.75	EU
I.S 53	I.S	4	4.42	2.75	EU
Q.54	Quarto	4	18.91	2.75	EU
I.S 54	I.S	4	4.50	2.75	EU
Q.55	Quarto	4	18.91	2.75	EU
I.S 55	I.S	4	4.50	2.75	EU
Q.56	Quarto	4	18.91	2.75	EU
I.S 56	I.S	4	4.50	2.75	EU
Q.57	Quarto	4	19.30	2.75	EU
I.S 57	I.S	4	4.41	2.75	EU
5.01	Circulação	5	28.16	2.75	EU
5.02	Elevadores	5	4.62	2.75	EU
5.03	Escadas	5	12.60	2.75	EU
5.04	Copa	5	8.34	2.75	EU
5.05	Antecâmara (Quartos)	5	4.57	2.75	EU
Q.58	Quarto	5	21.15	2.75	EU
I.S 58	I.S	5	4.49	2.75	EU
Q.59	Quarto	5	23.03	2.75	EU
I.S 59	I.S	5	4.49	2.75	EU
Q.60	Quarto	5	18.44	2.75	EU
I.S 60	I.S	5	3.74	2.75	EU
Q.61	Quarto	5	18.13	2.75	EU
I.S 61	I.S	5	4.42	2.75	EU
Q.62	Quarto	5	18.91	2.75	EU
I.S 62	I.S	5	4.50	2.75	EU
Q.63	Quarto	5	18.91	2.75	EU
I.S 63	I.S	5	4.50	2.75	EU
Q.64	Quarto	5	18.91	2.75	EU

I.S 64	I.S	5	4.50	2.75	EU
Q.65	Quarto	5	19.30	2.75	EU
I.S 65	I.S	5	4.41	2.75	EU
6.01	Circulação	6	28.16	2.75	EU
6.02	Elevadores	6	4.62	2.75	EU
6.03	Escadas	6	12.60	2.75	EU
6.04	Copa	6	8.34	2.75	EU
6.05	Antecâmara (Quartos)	6	4.57	2.75	EU
Q.66	Quarto	6	21.15	2.75	EU
I.S 66	I.S	6	4.49	2.75	EU
Q.67	Quarto	6	23.03	2.75	EU
I.S 67	I.S	6	4.49	2.75	EU
Q.68	Quarto	6	18.44	2.75	EU
I.S 68	I.S	6	3.74	2.75	EU
Q.69	Quarto	6	18.13	2.75	EU
I.S 69	I.S	6	4.42	2.75	EU
Q.70	Quarto	6	18.91	2.75	EU
I.S 70	I.S	6	4.50	2.75	EU
Q.71	Quarto	6	18.91	2.75	EU
I.S 71	I.S	6	4.50	2.75	EU
Q.72	Quarto	6	18.91	2.75	EU
I.S 72	I.S	6	4.50	2.75	EU
Q.73	Quarto	6	19.30	2.75	EU
I.S 73	I.S	6	4.41	2.75	EU
7.01	Circulação	7	21.65	2.95	EU
7.02	Elevadores	7	4.63	2.95	EU
7.03	Escadas	7	12.60	2.95	EU
7.04	Copa	7	4.10	2.95	EU
Q.74	Quarto	7	17.42	2.95	EU
I.S 74	I.S	7	4.85	2.95	EU
Q..75	Quarto	7	17.89	2.95	EU
I.S 75	I.S	7	4.19	2.95	EU
Q,76	Quarto	7	15.97	2.95	EU
I.S 76	I.S	7	4.13	2.95	EU
Q.77	Quarto	7	14.61	2.95	EU
I.S 77	I.S	7	3.76	2.95	EU
Q.78	Quarto	7	15.16	2.95	EU
I.S 78	I.S	7	3.93	2.95	EU

Q.79	Quarto	7	15.29	2.95	EU
I.S 79	I.S	7	3.92	2.95	EU
Q.80	Quarto	7	15.14	2.95	EU
I.S 80	I.S	7	3.92	2.95	EU
Q.81	Quarto	7	15.09	2.95	EU
I.S 81	I.S	7	3.80	2.95	EU



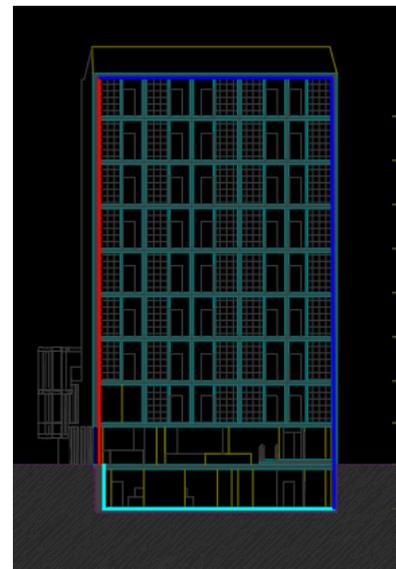
e)



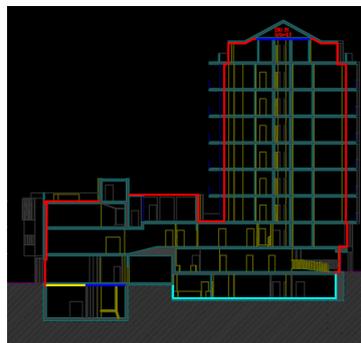
f)



g)



h)



i)

Figura 71 – Delimitação das envolventes, paredes exteriores e interiores: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1; e) Piso 2; f) Pisos 3 a 6; g) Piso 7; h) corte B-B'; i) corte A-A'.



a)



b)



c)



d)

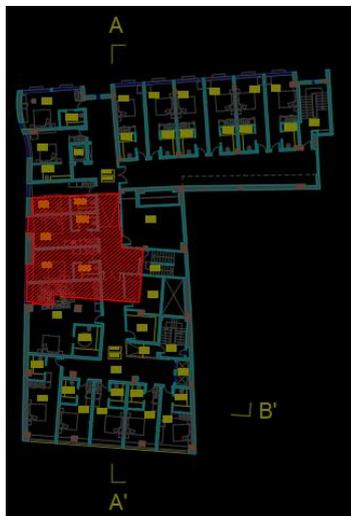
Figura 72 -Delimitação das envolventes, Pavimentos: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1.



a)



b)



c)



d)



e)

Figura 73 - Delimitação das envolventes, Coberturas: a) Piso -1; b) Piso 0; c) Piso Galerias; d) Piso 1; e) Piso 7.

Anexo 3. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA POR DEFEITO

Tabela 65 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para paredes [11].

Descrição da solução	Espessura [cm]	U [W/(m ² .°C)]	Massa volúmica [kg/m ³]
Paredes simples de cantaria e de alvenaria aparelhada	20	3.70	2600
	40	2.90	
	60	2.40	
	80	2.10	
	100	1.80	
Parede simples rebocada anterior a 1960 (inclui-se alvenaria ordinária composta de tijolo, maciço ou perfurado, de tabique e de taipa ou adobe)	10	3.80	1000 ⁽¹⁾
	30	2.40	1700 ⁽²⁾
	60	1.80	
	90	1.40	
	120	1.20	
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	11 a 17	2.20	1000 ⁽³⁾
	18 a 22	1.70	750 ⁽⁴⁾
	23 a 29	1.30	
	30	1.10	
	35	0.96	

(1) – Solução em tijolo furado;

(2) – Solução em tijolo maciço, tabique, taipa ou adobe;

(3) – Parede simples;

(4) – Parede dupla

Tabela 66 - Coeficientes de transmissão térmica por defeito para pavimentos e coberturas [11].

Descrição da solução	U [W/(m ² .°C)]	Massa volúmica [kg/m ³]
Pavimentos (fluxo descendente)		
Pavimento leve	2.20	1700
Pavimento pesado	3.10	2000
Coberturas (fluxo ascendente)		
Cobertura leve inclinada	3.80	850
Cobertura leve horizontal	4.50	1000
Cobertura pesada inclinada	3.40	2000
Cobertura pesada horizontal	2.60	2000

(1) – Pavimento de madeira do tipo barrotes e soalho;

(2) –;Betão ou laje aligeirada

(3) – Cobertura de madeira;

(4) – Cobertura de madeira ou gesso cartonado.

Anexo 4. ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR

Tabela 67 – Constituição da Pext1.

Pext1 – Parede exterior existente			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.130
Placa de gesso cartonado	0.012	0.259	0.048
Lã de rocha	0.050	0.049	1.250
Parede simples ou dupla posterior a 1960	0.350		0.872
Resistência térmica superficial exterior			0.040
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.43
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.58

Tabela 68 -Constituição da Pext2.

Pext2 – Parede exterior do piso 7			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.130
Reboco de argamassas tradicionais	0.020	1.300	0.015
Tijolo térmico	0.190		0.900
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0.060	0.040	1.500
Resistência térmica superficial exterior			0.040
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.39
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.52

Tabela 69 - Constituição da Cobext1.

Cobext1 – Cobertura exterior do piso 7			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.100
Placa de gesso cartonado	0.015	0.250	0.060
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Caixa de ar	0.300		0-160
Betão armado de inertes correntes	0.200	2.000	1-100
Resistência térmica superficial exterior			0.040
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.34
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.46

Tabela 70 - Constituição da Cobext2 e cobext3.

Cobext2 e cobext3 – Cobertura exterior do piso 1 e galerias respetivamente			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.100
Placa de gesso cartonado	0.015	0.250	0.060
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Caixa de ar	0.300		0.160
Cobertura pesada horizontal	0.400		0.245
Resistência térmica superficial exterior			0.040
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.32
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.43

Tabela 71 - Constituição do Pavext1.

Pavext1 – Pavimento exterior piso galerias			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.130
Pavimento flutuante em madeira leve	0.0100	0.150	0.067
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Pavimento pesado	0.300		0.113
Resistência térmica superficial exterior			0.040
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.35
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.47

Anexo 5. ENVOLVENTE OPACA INTERIOR

Tabela 72 - Constituição da Pint1.

Pint1 – Parede interior em contacto com os estacionamentos			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.130
Placa de gesso cartonado	0.012	0.250	0.048
Lã de rocha	0.050	0.040	1.250
Parede simples ou dupla rebocada posterior a 1960	0.230		0.600
Resistência térmica superficial exterior= interior			0.130
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.46
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.62

Tabela 73 - Constituição da Cobint1.

Cobint1 – Cobertura interior do piso 7			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.100
Placa de gesso cartonado	0.015	0.250	0.060
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Resistência térmica superficial exterior= interior			0.100
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.36
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.49

Tabela 74 - Constituição da Cobint2.

Cobint2 – Cobertura interior do piso 1			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.100
Placa de gesso cartonado	0.015	0.250	0.060
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Caixa de ar	0.300		0.160
Cobertura pesada horizontal	0.400		0.245
Resistência térmica superficial exterior= interior			0.100
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.32
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.43

Tabela 75 - Constituição do Pavint1.

Pavint1 – Pavimento interior sob os estacionamentos			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Resistência térmica superficial interior			0.170
Pavimento flutuante em madeira leve	0.010	0.150	0.067
Lã de rocha	0.100	0.040	2.500
Pavimento pesado	0.300		0.113
Resistência térmica superficial exterior= interior			0.170
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.33
Majoração de 35% devido às PTP U [w/(m². °C)]			0.45

Anexo 6. ENVOLVENTE OPACA EM CONTACTO COM O SOLO

Para a determinação do coeficiente de transmissão térmica dos elementos em contacto com o solo, foi necessário utilizar a metodologia descrita no Manual SCE [11]. Posto isto, na Tabela 76 encontra-se a constituição do pavimento em contacto com o solo (Pav1), e na Tabela 77 a constituição da parede em contacto com o solo (P1) não sendo contabilizado os valores das resistências superficiais.

Tabela 76 - Constituição do Pav1.

Pav1 – Pavimento em contacto com o solo			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Revestimento em granito	0.013	2.800	0.005
Impermeabilização com pasta cimentosa	0.028	2.000	0.014
Tela anti-gás radão e de impermeabilização	0.004	0.230	0.017
Poliestireno expandido moldado (EPS)	0.020	0.040	0.500
Betão armado de inertes correntes	0.280	2.300	0.122
Tela impermeabilizante	0.020	0.500	0.040
Resistência térmica total UR_f [(m². °C)/W]			0.698
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			1.52

Tabela 77 - Constituição da P1.

P1 – Parede em contacto com o solo			
Constituição	Espessura [m]	Condutividade térmica [w/m. °C]	Resistência térmica [m². °C/w]
Azulejo cerâmico	0.015	1.300	0.012
Impermeabilização com pasta cimentosa	0.025	2.000	0.013
Tijolo cerâmico furado	0.150		0.390
Tela anti-gás radão e de impermeabilização	0.004	0.230	0.017
Poliestireno expandido moldado (EPS)	0.080	0.040	2.000
Caixa de ar	0.050		0.000
Betão armado de inertes correntes	0.400	2.300	0.174
Resistência térmica total UR_f [(m². °C)/W]			2.61
Coefficiente de transmissão térmica U [w/(m². °C)]			0.38

Anexo 7. CARACTERÍSTICAS DOS ENVIDRAÇADOS

Tabela 78 - Características de cada envidraçado e sua classificação quanto ao seu tipo de vão.

ID vão	Tipo de Vão	Altura [m]	Largura [m]	Proteção solar
VE 0.01	EV1	2.40	3.80	Cortina opaca cor clara
VE 0.02	EV2	2.48	1.50	Cortina opaca cor clara
VE 0.03	EV3	2.48	3.69	Cortina opaca cor clara
VE 0.04	EV4	2.48	1.20	Cortina opaca cor clara
VE 0.05	EV1	2.40	3.80	Cortina opaca cor clara
VE 0.06	EV5	2.70	6.30	Cortina opaca cor clara
VE 0.07	EV5	2.70	6.30	Cortina opaca cor clara
VE 0.08	EV6	2.70	6.90	Cortina opaca cor clara
VE 0.09	EV7	2.62	3.03	
VE 0.10	EV8	2.62	5.00	
VE 0.11	EV9	2.62	2.91	
VE 0.12	EV10	2.40	6.32	
VE 0.13	EV11	2.62	6.06	
VE 0.14	EV12	2.11	0.91	
VE G.01	EV13	2.25	3.25	Persiana de réguas metálicas
VE G.02	EV13	2.25	3.25	Persiana de réguas metálicas
VE G.03	EV13	2.25	3.25	Persiana de réguas metálicas
VE G.04	EV13	2.25	3.25	Persiana de réguas metálicas
VE G.05	EV14	2.25	2.80	Persiana de réguas metálicas
VE G.06	EV15	1.80	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE G.07	EV16	1.80	1.80	Persiana de réguas metálicas
VE G.08	EV17	1.70	1.70	Persiana de réguas metálicas
VE G.09	EV17	1.70	1.70	Persiana de réguas metálicas
VE G.10	EV19	2.20	2.60	Persiana de réguas metálicas
VE G.11	EV18	1.10	0.72	Persiana de réguas metálicas
VE G.12	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.13	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.14	EV21	2.50	0.60	
VE G.15	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.16	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.17	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.18	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.19	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.20	EV20	3.06	1.20	Persiana de réguas metálicas
VE G.21	EV22	2.50	0.50	
VE 1.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 1.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 1.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 1.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 1.05	EV24	2.65	2.80	Persiana de réguas metálicas
VE 1.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 1.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas

VE 1.08	EV27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 1.09	EV28	0.95	2.30	
VE 1.10	EV29	3.42	4.64	Persiana de réguas metálicas
VE 1.11	EV41	3.00	2.70	
VE 1.12	EV42	3.00	2.00	
VE 1.25	EV43	3.00	2.47	
VE 1.26	EV44	3.00	1.62	
VE 1.27	EV45	2.40	1.65	
VE 1.13	EV19	2.20	2.60	Persiana de réguas metálicas
VE 1.14	EV18	1.10	0.72	Persiana de réguas metálicas
VE 1.15	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.16	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.17	EV46	2.00	0.60	
VE 1.18	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.19	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.20	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.21	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.22	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.23	EV32	1.70	1.00	Persiana de réguas metálicas
VE 1.24	EV33	3.00	0.50	
VE 2.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 2.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 2.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 2.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 2.05	EV24	2.65	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE 2.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 2.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas
VE 2.08	EV27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 2.09	EV28	0.95	2.30	
VE 3.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 3.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 3.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 3.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 3.05	EV24	2.65	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE 3.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 3.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas
VE 3.08	EV27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 3.09	EV28	0.95	2.30	
VE 4.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 4.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 4.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 4.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 4.05	EV24	2.65	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE 4.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 4.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas
VE 4.08	EB27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 4.09	EV28	0.95	2.30	
VE 5.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 5.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 5.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 5.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas

VE 5.05	EV24	2.65	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE 5.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 5.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas
VE 5.08	EV27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 5.09	EV28	0.95	2.30	
VE 6.01	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 6.02	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 6.03	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 6.04	EV23	2.65	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 6.05	EV24	2.65	2.00	Persiana de réguas metálicas
VE 6.06	EV25	3.00	2.24	Persiana de réguas metálicas
VE 6.07	EV26	2.65	4.45	Persiana de réguas metálicas
VE 6.08	EV27	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 6.09	EV28	0.95	2.30	
VE 7.01	EV35	2.40	3.60	Persiana de réguas metálicas
VE 7.02	EV36	2.40	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 7.03	EV36	2.40	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 7.04	EV36	2.40	3.35	Persiana de réguas metálicas
VE 7.05	EV37	2.40	3.00	Persiana de réguas metálicas
VE 7.06	EV38	2.65	3.80	Persiana de réguas metálicas
VE 7.07	EV39	2.40	2.80	Persiana de réguas metálicas
VE 7.08	EV40	2.40	3.09	Persiana de réguas metálicas
VE 7.09	EV28	0.95	2.30	

Anexo 8. CÁLCULO E CERIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

Tabela 79 - Tabela resumo da verificação dos que requisitos do coeficiente de transmissão térmica máximo da envolvente envidraçada.

Tipo de Vão	ID vão	U_w [W/ m ² . °C]	U_{wDN}^{\sim} [W/ m ² . °C]	Requisito [W/m ² . °C]	Cumpre/Não cumpre
EV1	VE 0.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV2	VE 0.02	1,58	1,49	3.30	Cumpre
EV3	VE 0.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV4	VE 0.04	1,61	1,52	3.30	Cumpre
EV1	VE 0.05	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV5	VE 0.06	1,50	1,42	3.30	Cumpre
EV5	VE 0.07	1,50	1,42	3.30	Cumpre
EV6	VE 0.08	1,50	1,42	3.30	Cumpre
EV7	VE 0.09	1,53		3.30	Cumpre
EV8	VE 0.10	1,51		3.30	Cumpre
EV9	VE 0.11	1,53		3.30	Cumpre
EV10	VE 0.12	1,51		3.30	Cumpre
EV11	VE 0.13	1,50		3.30	Cumpre
EV12	VE 0.14	1,66		3.30	Cumpre
EV13	VE G.01	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV13	VE G.02	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV13	VE G.03	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV13	VE G.04	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV14	VE G.05	1,54	1,46	3.30	Cumpre
EV15	VE G.06	1,58	1,49	3.30	Cumpre
EV16	VE G.07	1,59	1,50	3.30	Cumpre
EV17	VE G.08	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV17	VE G.09	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV19	VE G.10	1,55	1,46	3.30	Cumpre
EV18	VE G.11	1,76	1,65	3.30	Cumpre
EV20	VE G.12	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.13	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV21	VE G.14	1,74		3.30	Cumpre
EV20	VE G.15	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.16	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.17	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.18	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.19	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV20	VE G.20	1,60	1,51	3.30	Cumpre
EV22	VE G.21	1,79		3.30	Cumpre
EV23	VE 1.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 1.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 1.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre

EV23	VE 1.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 1.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 1.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 1.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EV27	VE 1.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 1.09	1,65		3.30	Cumpre
EV29	VE 1.10	1,50	1,42	3.30	Cumpre
EV41	VE 1.11	1,53		3.30	Cumpre
EV42	VE 1.12	1,55		3.30	Cumpre
EV43	VE 1.25	1,53		3.30	Cumpre
EV44	VE 1.26	1,56		3.30	Cumpre
EV45	VE 1.27	1,58		3.30	Cumpre
EV19	VE 1.13	1,55	1,46	3.30	Cumpre
EV18	VE 1.14	1,76	1,65	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.15	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.16	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV46	VE 1.17	1,75		3.30	Cumpre
EV32	VE 1.18	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.19	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.20	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.21	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.22	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV32	VE 1.23	1,66	1,56	3.30	Cumpre
EV33	VE 1.24	1,78	1,67	3.30	Cumpre
EV23	VE 2.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 2.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 2.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 2.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 2.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 2.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 2.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EV27	VE 2.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 2.09	1,65		3.30	Cumpre
EV23	VE 3.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 3.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 3.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 3.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 3.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 3.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 3.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EV27	VE 3.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 3.09	1,65		3.30	Cumpre
EV23	VE 4.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 4.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 4.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 4.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 4.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 4.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 4.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EB27	VE 4.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 4.09	1,65		3.30	Cumpre

EV23	VE 5.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 5.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 5.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 5.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 5.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 5.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 5.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EV27	VE 5.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 5.09	1,65		3.30	Cumpre
EV23	VE 6.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 6.02	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 6.03	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV23	VE 6.04	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV24	VE 6.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV25	VE 6.06	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV26	VE 6.07	1,51	1,43	3.30	Cumpre
EV27	VE 6.08	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV28	VE 6.09	1,65		3.30	Cumpre
EV35	VE 7.01	1,52	1,44	3.30	Cumpre
EV36	VE 7.02	1,53	1,44	3.30	Cumpre
EV36	VE 7.03	1,53	1,44	3.30	Cumpre
EV36	VE 7.04	1,53	1,44	3.30	Cumpre
EV37	VE 7.05	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV38	VE 7.06	1,52	1,43	3.30	Cumpre
EV39	VE 7.07	1,54	1,45	3.30	Cumpre
EV40	VE 7.08	1,53	1,45	3.30	Cumpre
EV28	VE 7.09	1,65		3.30	Cumpre

Anexo 9. VIDRO UTILIZADO



COOL-LITE KNT 155

B.T (16 Arçon 90) 55.1 / COOL-LITE KNT 155 #2

Calculado por: Sérgio Gabriel Costa Castro

Calculado em:

Localização: Portugal

Tipo de vidro

Vidro 1
PLANICLEAR (8mm) - Temperado
COOL-LITE KNT 155

Câmara 1
Argon 90% 16 mm

Vidro 2
PLANICLEAR (5mm) - Recozido
PVB STANDARD (0,38mm)
PLANICLEAR (5mm) - Recozido

Dados de desempenho simulados

Factores Luminosos	CIE (15-2004)
Transmissão Luminosa (TL)	47%
Reflexão Exterior (RE _e)	17%
Reflexão Interior (RE _i)	10%
Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
Transmissão (TE)	30%
Reflexão Exterior (RE _e)	19%
Reflexão Interior (RE _i)	18%
Absorção A1 (Ae1)	45%
Absorção A2 (Ae2)	5%
Factores Solares	EN410 (2011-04)
Factor Solar (g)	0.37
Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.42
Transmissão Térmica (Ug)	EN673 - 2011
Ug	1.3 W/(m ² .K)
Ângulo em relação à vertical	0°
Acústica	EN 12758
Valores acústicos simulados	
Rw	40 [-1; -5] dB
STC (ASTM E413)	41
OTIC (ASTM E1332)	33
Renderização de Cor	CIE (15-2004)
Transmissão (Ra)	51
Reflexão (Rr)	89
Classe de segurança	EN 12600
Resistência ao impacto do pêndulo	NPD/2B2
Anti-Intrusão	EN 358
Resistência à Intrusão	NPD
Dimensões	
Espessura Nominal	34.38 mm
Massa	45.403 kg/m ²
Sustentabilidade	
Pegada de carbono	
O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)	
Potencial de Aquecimento Global (GWP)	
(kg CO ₂ equivalente/m ²) Média Europeia	76

Imagens virtuais



Estas imagens virtuais são o resultado de muitos anos de investigação e desenvolvimento. Para garantir a melhor experiência possível, recomendamos que as visualize num ecrã de qualidade.

Figura 74 - Ficha técnica do vidro utilizado.

Anexo 10. DETERMINAÇÃO DO FATOR SOLAR

Tabela 80 - Tabela resumo da verificação dos que requisitos do fator solar máximo da envolvente envidraçada.

ID vão	Orienta ção	$g_{\perp,vi}$	g_{tot}	$F_0 \cdot F_f$	$g_{tot,corrigido}$	$g_{tot,máx}$	$g_{tot,máx,corrigido}$	Cumpre/N ão cumpre
VE 0.01	NE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.25	Cumpre
VE 0.02	NE	0.37	0.18	0.83	0.15	0.56	0.25	Cumpre
VE 0.03	NE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.25	Cumpre
VE 0.04	NE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.25	Cumpre
VE 0.05	NE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.25	Cumpre
VE 0.06	SE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.56	Cumpre
VE 0.07	SE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.56	Cumpre
VE 0.08	SE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.56	Cumpre
VE 0.09	SE	0.37	0.37	0.77	0.28	0.56	0.56	Cumpre
VE 0.10	SO	0.37	0.37	0.68	0.25	0.56	0.37	Cumpre
VE 0.11	SO	0.37	0.37	0.68	0.25	0.56	0.37	Cumpre
VE 0.12	SO	0.37	0.37	0.68	0.25	0.56	0.37	Cumpre
VE 0.13	SO	0.37	0.37	0.72	0.27	0.56	0.37	Cumpre
VE 0.14	SO	0.37	0.37	1.00	0.37	0.56	0.37	Cumpre
VE G.01	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE G.02	NE	0.37	0.03	0.78	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE G.03	NE	0.37	0.03	0.78	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE G.04	NE	0.37	0.03	0.78	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE G.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE G.06	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE G.07	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE G.08	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE G.09	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE G.10	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.50	Cumpre
VE G.11	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.12	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.33	Cumpre
VE G.13	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.14	SO	0.37	0.37	0.85	0.32	0.56	0.37	Cumpre
VE G.15	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.16	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.17	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.18	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.19	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE G.20	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.33	Cumpre
VE G.21	SO	0.37	0.37	0.86	0.32	0.56	0.33	Cumpre
VE 1.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.06	SO	0.37	0.03	0.86	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.07	SO	0.37	0.03	0.57	0.02	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.08	SO	0.37	0.03	0.49	0.02	0.56	0.37	Cumpre

VE 1.09	SO	0.37	0.37	0.88	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.10	NE	0.37	0.18	0.73	0.13	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.11	SE	0.37	0.37	0.72	0.26	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.12	SE	0.37	0.37	0.72	0.26	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.25	NE	0.37	0.18	1.00	0.18	0.56	0.25	Cumpre
VE 1.26	SE	0.37	0.37	0.72	0.26	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.27	SE	0.37	0.37	0.72	0.26	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.13	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.14	SE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.56	Cumpre
VE 1.15	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.16	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.17	SO	0.37	0.37	0.85	0.32	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.18	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.19	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.20	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.21	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.22	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.23	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 1.24	SO	0.37	0.37	0.86	0.32	0.56	0.37	Cumpre
VE 2.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 2.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 2.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 2.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 2.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 2.06	SO	0.37	0.03	0.77	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 2.07	SO	0.37	0.03	0.88	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 2.08	SO	0.37	0.03	0.91	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 2.09	SO	0.37	0.37	0.89	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 3.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 3.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 3.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 3.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 3.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 3.06	SO	0.37	0.03	0.77	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 3.07	SO	0.37	0.03	0.88	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 3.08	SO	0.37	0.03	0.91	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 3.09	SO	0.37	0.37	0.89	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 4.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 4.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 4.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 4.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 4.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 4.06	SO	0.37	0.03	0.77	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 4.07	SO	0.37	0.03	0.88	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 4.08	SO	0.37	0.03	0.91	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 4.09	SO	0.37	0.37	0.89	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 5.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 5.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 5.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 5.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 5.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre

VE 5.06	SO	0.37	0.03	0.77	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 5.07	SO	0.37	0.03	0.88	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 5.08	SO	0.37	0.03	0.91	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 5.09	SO	0.37	0.37	0.89	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 6.01	NE	0.37	0.03	0.83	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 6.02	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 6.03	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 6.04	NE	0.37	0.03	0.66	0.02	0.56	0.25	Cumpre
VE 6.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 6.06	SO	0.37	0.03	0.77	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 6.07	SO	0.37	0.03	0.88	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 6.08	SO	0.37	0.03	0.91	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 6.09	SO	0.37	0.37	0.89	0.33	0.56	0.37	Cumpre
VE 7.01	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 7.02	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 7.03	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 7.04	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 7.05	NE	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.25	Cumpre
VE 7.06	SO	0.37	0.03	0.90	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 7.07	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 7.08	SO	0.37	0.03	1.00	0.03	0.56	0.37	Cumpre
VE 7.09	SO	0.37	0.37	1.00	0.37	0.56	0.37	Cumpre

Anexo 11. DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS MÍNIMOS DE AR NOVO

Tabela 81 - Determinação dos caudais mínimos de insuflação para os espaços que apresentam requisitos.

Espaço	Área [m ²]	Ocupação	Caudais unitários		Caudais totais		Caudal total máximo [m ³ /h]	Eficácia de ventilação	Caudal mínimo a insuflar [m ³ /h]
			Por ocupante [m ³ / (h. ocupante)]	Por área [m ³ / (h. m ²)]	Por ocupante [m ³ / (h. ocupante)]	Por área [m ³ / (h. m ²)]			
-1.19 Sala de refeições	231.96	120	24.00	3.00	2880.00	695.88	2880.00	0.80	3600.00
0.01 Atrium de entrada	227.65	3	20.00	3.00	60.00	682.95	682.95	0.80	853.69
0.02 Receção	11.49	1	20.00	3.00	20.00	34.47	34.47	0.80	43.09
0.03 Bar	11.03	1	35.00	3.00	35.00	33.09	35.00	0.80	43.75
0.16 Sala de Reuniões	19.13	8	20.00	3.00	160.00	57.39	160.00	0.80	200.00
0.17 Sala de Administração	30.94	16	20.00	3.00	320.00	92.82	320.00	0.80	400.00
0.21 Sala de eventos	141.96	77	20.00	3.00	1540.00	425.88	1540.00	0.80	1925.00
Q.01 Quarto	20.81	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.02 Quarto	19.49	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.03 Quarto	19.46	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.04 Quarto	19.39	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.05 Quarto	19.69	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.06 Quarto	19.00	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.07 Quarto	21.82	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.08 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.09 Quarto	18.37	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.10 Quarto	18.99	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.11 Quarto	19.50	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.12 Quarto	51.53	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00

Q.13 Quarto	26.11	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.14 Quarto	19.47	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.15 Quarto	19.46	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.16 Quarto	19.45	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.17 Quarto	19.00	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.18 Quarto	20.47	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.19 Quarto	19.64	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.20 Quarto	19.46	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.21 Quarto	19.35	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.22 Quarto	19.58	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.23 Quarto	18.73	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.24 Quarto	21.28	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.25 Quarto	22.69	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.26 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.27 Quarto	22.64	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.28 Quarto	18.06	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.29 Quarto	17.74	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.30 Quarto	19.40	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.31 Quarto	19.38	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.32 Quarto	19.38	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.33 Quarto	18.37	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.34 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.35 Quarto	23.03	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.36 Quarto	18.44	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.37 Quarto	18.13	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.38 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.39 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.40 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.41 Quarto	19.30	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.42 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.43 Quarto	23.03	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.44 Quarto	18.44	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.45 Quarto	18.13	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00

Q.46 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.47 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.48 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.49 Quarto	19.30	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.50 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.51 Quarto	23.03	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.52 Quarto	18.44	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.53 Quarto	18.13	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.54 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.55 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.56 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.57 Quarto	19.30	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.58 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.59 Quarto	23.03	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.60 Quarto	18.44	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.61 Quarto	18.13	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.62 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.63 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.64 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.65 Quarto	19.30	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.66 Quarto	21.15	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.67 Quarto	23.03	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.68 Quarto	18.44	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.69 Quarto	18.13	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.70 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.71 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.72 Quarto	18.91	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.73 Quarto	19.30	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.74 Quarto	17.42	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.75 Quarto	17.89	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.76 Quarto	15.97	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.77 Quarto	14.61	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.78 Quarto	15.16	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00

Q.79 Quarto	15.29	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.80 Quarto	15.14	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00
Q.81 Quarto	15.09	2	16.00		32.00		32.00	0.80	40.00

Tabela 82 - Determinação dos caudais mínimos de extração para os espaços que apresentam requisitos.

Espaço	Área [m ²]	Tipo de funcionamento	N ° de sanitas	N ° de duches	Caudal de extração [m ³ /h]
-1.15 Balneários Masculinos	10.84	Pública funcionamento normal	1	1	180.00
-1.16 Balneários Femininos	19.66	Pública funcionamento normal	1	1	196.00
0.07 I.S Mobilidade Reduzida M	3.37	Privada funcionamento não contínuo	1	0	90.00
0.08 I.S Mobilidade Reduzida F	3.37	Privada funcionamento não contínuo	1	0	90.00
0.09 I.S M	2.92	Privada funcionamento não contínuo	1	0	90.00
0.10 I.S F	1.92	Privada funcionamento não contínuo	1	0	90.00
0.19 I.S mista	3.57	Privada funcionamento não contínuo	1	0	90.00
I.S 0.1	4.65	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.48
I.S 0.2	4.68	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.81
I.S 0.3	4.68	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.00
I.S 0.4	4.60	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.00
I.S 0.5	4.57	Privada funcionamento contínuo	1	1	45.70
I.S 0.6	4.70	Privada funcionamento contínuo	1	1	47.01
I.S 0.7	4.51	Privada funcionamento contínuo	1	1	45.10
I.S 0.8	8.04	Privada funcionamento contínuo	1	1	80.41
I.S 0.9	4.60	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.00
I.S 10	4.60	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.00
I.S 11	4.60	Privada funcionamento contínuo	1	1	46.00
I.S 12	9.70	Privada funcionamento contínuo	1	1	97.00
I.S 13	4.72	Privada funcionamento contínuo	1	1	47.17
I.S 14	4.49	Privada funcionamento contínuo	1	1	45.00
I.S 15	4.49	Privada funcionamento contínuo	1	1	45.00
I.S 16	4.49	Privada funcionamento contínuo	1	1	45.00

I.S 17	4.83	Privada funcionamiento continuo	1	1	48.34
I.S 18	4.59	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.88
I.S 19	4.57	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.66
I.S 20	4.62	Privada funcionamiento continuo	1	1	46.20
I.S 21	4.62	Privada funcionamiento continuo	1	1	46.20
I.S 22	4.61	Privada funcionamiento continuo	1	1	46.10
I.S 23	4.60	Privada funcionamiento continuo	1	1	46.00
I.S 24	4.45	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 25	8.27	Privada funcionamiento continuo	1	1	82.66
I.S 26	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 27	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 28	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 29	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 30	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 31	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 32	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 33	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 34	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 35	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 36	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 37	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 38	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.05
I.S 39	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 40	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 41	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 42	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00

I.S 43	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 44	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 45	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 46	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.05
I.S 47	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 48	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 49	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 50	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 51	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 52	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 53	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 54	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.05
I.S 55	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 56	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 57	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 58	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 59	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 60	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 61	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 62	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.05
I.S 63	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 64	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 65	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 66	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 67	4.49	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 68	3.74	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00

I.S 69	4.42	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 70	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.05
I.S 71	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 72	4.50	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 73	4.41	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 74	4.85	Privada funcionamiento continuo	1	1	48.46
I.S 75	4.19	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 76	4.13	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 77	3.76	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 78	3.93	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 79	3.92	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 80	3.92	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00
I.S 81	3.80	Privada funcionamiento continuo	1	1	45.00

Anexo 12. CAUDAIS ADOTADOS PARA O BALANCEAMENTO

Tabela 83 -Caudais de insuflação e extração adotados para o balanceamento

Espaço	Caudal insuflado [m³/h]	Caudal exaurido [m³/h]
-1.15 Banheiros Masculinos		180
-1.16 Banheiros Femininos		200
-1.19 Sala de refeições	3600	3600
0.01 Atrium de entrada	860	860
0.02 Recepção	45	860
0.03 Bar	45	12.5
0.04 Apoio à recepção		45
0.05 Bagagens		45
0.07 I.S Mobilidade Reduzida M		90
0.08 I.S Mobilidade reduzida F		90
0.09 I.S M		90
0.10 I.S F		90
0.16 Sala de Reuniões	200	200
0.17 Sala de Administração	400	400
0.21 Sala de eventos	1925	1925
Q.01 Quarto	50	
I.S 0.1		50
Q.02 Quarto	50	
I.S 0.2		50
Q.03 Quarto	50	
I.S 0.3		50
Q.04 Quarto	50	
I.S 0.4		50
Q.05 Quarto	50	
I.S 0.5		50
Q.06 Quarto	50	
I.S 0.6		50
Q.07 Quarto	50	
I.S 0.7		50
Q.08 Quarto	85	
I.S 0.8		85
Q.09 Quarto	50	
I.S 0.9		50
Q.10 Quarto	50	
I.S 10		50
Q.11 Quarto	50	
I.S 11		50
Q.12 Quarto	100	
I.S 12		100
Q.13 Quarto	50	
I.S 13		50
Q.14 Quarto	45	
I.S 14		45

Q.15 Quarto	45	
I.S 15		45
Q.16 Quarto	45	
I.S 16		45
Q.17 Quarto	50	
I.S 17		50
Q.18 Quarto	50	
I.S 18		50
Q.19 Quarto	50	
I.S 19		50
Q.20 Quarto	50	
I.S 20		50
Q.21 Quarto	50	
I.S 21		50
Q.22 Quarto	50	
I.S 22		50
Q.23 Quarto	50	
I.S 23		50
Q.24 Quarto	50	
I.S 24		50
Q.25 Quarto	85	
I.S 25		85
Q.26 Quarto	45	
I.S 26		45
Q.27 Quarto	45	
I.S 27		45
Q.28 Quarto	45	
I.S 28		45
Q.29 Quarto	45	
I.S 29		45
Q.30 Quarto	45	
I.S 30		45
Q.31 Quarto	45	
I.S 31		45
Q.32 Quarto	45	
I.S 32		45
Q.33 Quarto	45	
I.S 33		45
Q.34 Quarto	45	
I.S 34		45
Q.35 Quarto	45	
I.S 35		45
Q.36 Quarto	45	
I.S 36		45
Q.37 Quarto	45	
I.S 37		45
Q.38 Quarto	50	
I.S 38		50
Q.39 Quarto	45	
I.S 39		45
Q.40 Quarto	45	

I.S 40		45
Q.41 Quarto	45	
I.S 41		45
Q.42 Quarto	45	
I.S 42		45
Q.43 Quarto	45	
I.S 43		45
Q.44 Quarto	45	
I.S 44		45
Q.45 Quarto	45	
I.S 45		45
Q.46 Quarto	50	
I.S 46		50
Q.47 Quarto	45	
I.S 47		45
Q.48 Quarto	45	
I.S 48		45
Q.49 Quarto	45	
I.S 49		45
Q.50 Quarto	45	
I.S 50		45
Q.51 Quarto	45	
I.S 51		45
Q.52 Quarto	45	
I.S 52		45
Q.53 Quarto	45	
I.S 53		45
Q.54 Quarto	50	
I.S 54		50
Q.55 Quarto	45	
I.S 55		45
Q.56 Quarto	45	
I.S 56		45
Q.57 Quarto	45	
I.S 57		45
Q.58 Quarto	45	
I.S 58		45
Q.59 Quarto	45	
I.S 59		45
Q.60 Quarto	45	
I.S 60		45
Q.61 Quarto	45	
I.S 62		45
Q.62 Quarto	50	
I.S 62		50
Q.63 Quarto	45	
I.S 63		45
Q.64 Quarto	45	
I.S 64		45
Q.65 Quarto	45	
I.S 65		45

Q.66 Quarto	45	
I.S 66		45
Q.67 Quarto	45	
I.S 67		45
Q.68 Quarto	45	
I.S 68		45
Q.69 Quarto	45	
I.S 69		45
Q.70 Quarto	50	
I.S 70		50
Q.71 Quarto	45	
I.S 71		45
Q.72 Quarto	45	
I.S 72		45
Q.73 Quarto	45	
I.S 73		45
Q.74 Quarto	50	
I.S 74		50
Q.75 Quarto	45	
I.S 75		45
Q.76 Quarto	45	
I.S 76		45
Q.77 Quarto	45	
I.S 77		45
Q.78 Quarto	45	
I.S 78		45
Q.79 Quarto	45	
I.S 79		45
Q.80 Quarto	45	
I.S 81		45
Q.81 Quarto	45	
I.S 81		45

Anexo 13. FICHAS TÉCNICAS EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO

Topvex TC20-R-B (162713) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 2 002 mm altura: 1 319 mm largura: 762 mm
 Ligação a conduta: Ø 315 mm
 Total peso: 272 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m³)	1 065	1 065	m³/h
Velocidade facial (unidade)	1,31	1,31	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 705	2 455	rpm
Filtro	ePM1 60% (F7)	ePM10 60% (M5)	
Pressão sonora a 3m	28 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 °C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x16 A, 1,827 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	85,7 / 83,4		%
SFPV, clean filter pressure drop	1 635		W/(m³/s)
SFPE with dimensional filter pressure drop	1 782		W/(m³/s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



recuperação de calor de placas



modelo	REK+53-480-24		
Descongelo	Bypass		
Notas			
Tipo de drenagem de água	Sifão		
Quantidade de água drenada	0		
	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	85,7	83,3	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	83,4	83,4	%
perda de carga insuflação	170	170	Pa
perda de carga extração	181	170	Pa
total	5,71	2,43	kW
Condensado	1,47	0,00	kg/h
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 17,4	32,7 / 26,3	°C
HR de insuflação antes/após	90 / 32	40 / 58	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 7,5	25,0 / 31,4	°C
HR de retorno antes/após	60 / 96	50 / 34	%
Recuperação de calor ativa	Sim	Sim	-

Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composto
K-Factor	67
Proteção do motor	Termistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,78 kW
Corrente nominal	3,4 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 065	1 065	m³/h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	427	427	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	577	577	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,31	0,31	kW
SFP (dimensionar filtros)	1 009	1 009	W/(m³/s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	57,2	57,2	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 705	2 705	rpm
Spare capacity (rpm)	27	27	%

Exaustão - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composito
K-Factor	67
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlado de tensão	55,0 °C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,77 kW
Corrente nominal	3,4 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 095	1 095	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	324	313	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	474	483	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,24	0,24	kW
SFP (dimensionar filtros)	783	783	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	60,6	59,1	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 455	2 455	rpm
Spare capacity (rpm)	34	34	%

Figura 75 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q1 da *System air*

Topvex TC20-R-B (162713) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 2 002 mm altura: 1 319 mm largura: 752 mm
 Ligação a conduta: Ø 315 mm
 Total peso: 272 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1,205 kg/m ³)	730	730	m ³ /h
Velocidade facial (unidade)	0,87	0,87	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 160	2 004	rpm
Filtro	ePM1 80% (F7)	ePM10 80% (M5)	
Pressão sonora a 3m	23 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 ° C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x16 A, 1,627 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	87,6 / 85,7		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 265		W/(m ³ /s)
SFPv with dimensional filter pressure drop	1 435		W/(m ³ /s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBIA, Portugal



recuperação de calor de placas



	Inverno	Verão	
modelo	REK+53-480-24		
Descongelo	Bypass		
Notas			
Tipo de drenagem de água	Sifão		
Quantidade de água drenada	0		
Eficiência de temperatura (húmida)	87,6	85,6	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	85,7	85,7	%
perda de carga insuflação	96	96	Pa
perda de carga extração	103	96	Pa
total	3,89	1,67	kW
Condensado	1,05	0,00	kg/h
Temperatura de insuflação	2,0 / 17,8	32,7 / 26,1	° C
Antes/após			
HR de insuflação antes/após	90 / 31	40 / 58	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 7,3	25,0 / 31,6	° C
HR de retorno antes/após	50 / 96	50 / 34	%
Recuperação de calor ativa	Sim	Sim	-

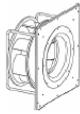
Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composito
K-Factor	67
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 ° C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlado de tensão	55,0 ° C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,78 kW
Corrente nominal	3,4 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	730	730	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	220	220	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	379	379	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,16	0,16	kW
SFP (dimensionar filtros)	793	793	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	47,7	47,7	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 160	2 160	rpm
Spare capacity (rpm)	42	42	%

Exaustão - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composto
K-Factor	67
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,77 kW
Corrente nominal	3,4 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	730	730	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	178	171	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	328	321	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,13	0,13	kW
SFP (dimensionar filtros)	642	642	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	51,0	50,0	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 004	2 004	rpm
Spare capacity (rpm)	46	46	%

Figura 76 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q2 da *System air*.

Topvex TC20-R-B (162713) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 2 002 mm altura: 1 319 mm largura: 752 mm
 Ligação a conduta: Ø 315 mm
 Total peso: 272 kg



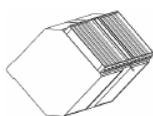
	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m³)	1 060	1 060	m³/h
Velocidade facial (unidade)	1,27	1,27	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 644	2 407	rpm
Filtro	ePM1 60% (F7)	ePM10 60% (M5)	
Pressão sonora a 3m	27 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 °C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x16 A, 1,627 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	85,8 / 83,6		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 502		W/(m³/s)
SFPe with dimensional filter pressure drop	1 751		W/(m³/s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBAS, Portugal



recuperação de calor de placas



modelo	REK+53-480-24	
Descongelamento	Bypass	
Notas		
Tipo de drenagem de água	Sifão	
Quantidade de água drenada	0	

	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	85,8	83,5	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	83,6	83,6	%
perda de carga insuflação	162	162	Pa
perda de carga extração	173	162	Pa
total	5,54	2,36	kW
Condensado	1,43	0,00	kg/h
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 17,4	32,7 / 26,3	°C
HR de insuflação antes/após	90 / 32	40 / 58	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 7,5	25,0 / 31,4	°C
HR de retorno antes/após	50 / 96	50 / 34	%
Recuperação de calor ativa	Sim	Sim	-

Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta	
Tipo de ventilador	Alta eficiência	
Tipo de turbina	Composito	
K-Factor	67	
Proteção do motor	Termistor	
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C	
Temperatura máx do ar transportado, quando controle de tensão	55,0 °C	
Tensão nominal	1x230V	
Potência nominal	0,78 kW	
Corrente nominal	3,4 A	
Notas		

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 060	1 060	m³/h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	405	405	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	555	555	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,29	0,29	kW
SFP (dimensionar filtros)	985	985	W/(m³/s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controle de velocidade	56,4	56,4	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 644	2 644	rpm
Spare capacity (rpm)	29	29	%

Exaustão - Ventilador EC			
Tipo de transmissão	Transmissão direta		
Tipo de ventilador	Alta eficiência		
Tipo de turbina	Composito		
K-Factor	67		
Proteção do motor	Thermistor		
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C		
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C		
Tensão nominal	1x230V		
Potência nominal	0,77 kW		
Corrente nominal	3,4 A		
Notas			
	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 060	1 060	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	309	298	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	459	448	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,23	0,23	kW
SFP (dimensionar filtros)	767	767	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	59,8	58,4	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 407	2 407	rpm
Spare capacity (rpm)	35	35	%

Figura 77 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q3 da *System air*.

Topvex TC20-R-B (162713) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 2 002 mm altura: 1 319 mm largura: 752 mm
 Ligações a conduta: Ø 315 mm
 Total peso: 272 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m ³)	1 015	1 015	m ³ /h
Velocidade facial (unidade)	1,22	1,22	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 572	2 346	rpm
Filtro	ePM1 60% (F7)	ePM10 60% (M5)	
Pressão sonora a 3m	26 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 °C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x16 A, 1,627 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	86,0 / 83,8		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 480		W/(m ³ /s)
SFPw with dimensional filter pressure drop	1 701		W/(m ³ /s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBRA, Portugal



recuperação de calor de placas



modelo	REK+63-480-24		
Descongelo	Bypass		
Notas			
Tipo de drenagem de água	Sifão		
Quantidade de água drenada	0		
	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	86,0	83,7	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	83,8	83,8	%
perda de carga insuflação	152	152	Pa
perda de carga extração	163	152	Pa
total	5,32	2,27	kW
Condensado	1,38	0,00	kg/h
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 17,5	32,7 / 26,3	°C
HR de insuflação antes/após	90 / 32	40 / 58	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 7,4	25,0 / 31,4	°C
HR de retorno antes/após	50 / 96	50 / 34	%
Recuperação de calor ativa	Sim	Sim	-

Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composto
K-Factor	67
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C
Temperatura máx do ar transportado, quando controle de tensão	55,0 °C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,78 kW
Corrente nominal	3,4 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 015	1 015	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	379	379	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	529	529	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,27	0,27	kW
SFP (dimensionar filtros)	956	956	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controle de velocidade	55,3	55,3	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 572	2 572	rpm
Spare capacity (rpm)	31	31	%

Exaustão - Ventilador EC			
Tipo de transmissão	Transmissão direta		
Tipo de ventilador	Alta eficiência		
Tipo de turbina	Composto		
K-Factor	67		
Proteção do motor	Themistor		
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C		
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C		
Tensão nominal	1x230V		
Potência nominal	0,77 kW		
Corrente nominal	3,4 A		
Notas			
	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 015	1 015	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	289	279	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	439	429	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,21	0,21	kW
SFP (dimensionar filtros)	745	745	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	59,0	57,6	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 346	2 346	rpm
Spare capacity (rpm)	37	37	%

Figura 78 - Ficha técnica da máquina de ventilação Q4 da *System air*.

Topvex TR25-R (247862) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 1 484 mm altura: 1 320 mm largura: 868 mm
 Ligação a conduta: 500x250 mm
 Total peso: 248 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m³)	1 550	1 550	m³/h
Velocidade facial (unidade)	1,47	2,07	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 884	2 787	rpm
Filtro	ePM1 80% (F7)	ePM10 80% (M5)	
Pressão sonora a 3m	36 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 °C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x10 A, 1,832 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	81,0 / 81,0		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 583		W/(m³/s)
SFPe with dimensional filter pressure drop	1 799		W/(m³/s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBENS, Portugal



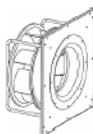
Recuperação de calor rotativa



modelo	P_140_380_4-700
tipo de rotor	Condensation
Setor de purga instalado	Sim
Motorização do rotor	Velocidade variável
Dados elétricos	24V, 0,05 kW, 2,0 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	81,0	81,0	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	81,0	81,0	%
eficiência humidade	34,0	0,0	%
Potência transferida	7,63	3,34	kW
perda de carga insuflação	177	177	Pa
perda de carga extração	178	178	Pa
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 16,6	32,7 / 26,5	°C
HR de insuflação antes/após	90 / 43	40 / 57	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 5,5	25,0 / 31,2	°C
HR de retorno antes/após	50 / 100	50 / 35	%
Rotor ativo	Sim	Sim	-

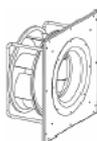
Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composito
K-Factor	66
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,84 kW
Corrente nominal	3,7 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 550	1 550	m³/h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	419	419	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	569	569	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,41	0,41	kW
SFP (dimensionar filtros)	947	947	W/(m³/s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	60,1	60,1	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 884	2 884	rpm
Spare capacity (rpm)	23	23	%

Exaustão - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composito
K-Factor	87
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 ° C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 ° C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,84 kW
Corrente nominal	3,7 A

Notas

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 550	1 550	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	372	372	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	522	522	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,37	0,37	kW
SFP (dimensionar filtros)	851	851	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	61,3	61,3	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 787	2 787	rpm
Spare capacity (rpm)	28	28	%

Figura 79 - Ficha técnica da máquina de ventilação Serviços comuns da *System air*.

Topvex TR25-R (247862) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
comprimento: 1 484 mm altura: 1 320 mm largura: 868 mm
Ligação a conduta: 500x250 mm
Total peso: 248 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m³)	1 540	1 540	m³/h
Velocidade facial (unidade)	1,46	2,05	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	2 871	2 756	rpm
Filtro	ePM1 60% (F7)	ePM10 60% (M5)	
Pressão sonora a 3m	36 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 ° C		
Potência de alimentação	1x230V + PE, 50/60 Hz, 1x10 A, 1,832 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	81,0 / 81,0		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 558		W/(m³/s)
SFPw with dimensional filter pressure drop	1 792		W/(m³/s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBIA, Portugal



Recuperação de calor rotativa



modelo	P_140_380_4-700
tipo de rotor	Condensation
Setor de purga instalado	Sim
Motorização do rotor	Velocidade variável
Dados elétricos	24V, 0,05 kW, 2,0 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	81,0	81,0	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	81,0	81,0	%
eficiência humidade	34,1	0,0	%
Potência transferida	7,50	3,32	kW
perda de carga insuflação	175	175	Pa
perda de carga extração	176	176	Pa
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 16,6	32,7 / 26,5	° C
HR de insuflação antes/após	90 / 43	40 / 57	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 5,4	25,0 / 31,2	° C
HR de retorno antes/após	50 / 100	50 / 35	%
Rotor ativo	Sim	Sim	-

Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta
Tipo de ventilador	Alta eficiência
Tipo de turbina	Composito
K-Factor	66
Proteção do motor	Thermistor
Temperatura máx do ar transportado	55,0 ° C
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 ° C
Tensão nominal	1x230V
Potência nominal	0,84 kW
Corrente nominal	3,7 A
Notas	

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 540	1 540	m³/h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	415	415	Pa
pressão estática total: A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	565	565	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,40	0,40	kW
SFP (dimensionar filtros)	944	944	W/(m³/s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	59,9	59,9	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 871	2 871	rpm
Spare capacity (rpm)	23	23	%

Exaustão - Ventilador EC			
Tipo de transmissão	Transmissão direta		
Tipo de ventilador	Alta eficiência		
Tipo de turbina	Composto		
K-Factor	87		
Proteção do motor	Thermistor		
Temperatura máx do ar transportado	55,0 °C		
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	55,0 °C		
Tensão nominal	1x230V		
Potência nominal	0,84 kW		
Corrente nominal	3,7 A		
Notas			
	Inverno	Verão	
Caudal de ar	1 540	1 540	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	368	368	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	518	518	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,38	0,38	kW
SFP (dimensionar filtros)	848	848	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	81,1	81,1	%
velocidade (dimensionar filtros)	2 756	2 756	rpm
Spare capacity (rpm)	28	28	%

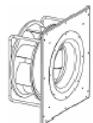


Figura 80 - Ficha técnica da máquina de ventilação Sala de eventos da *System air*.

Topvex SR60-R (247707) com acessórios

Ver seção Acessórios para lista dos acessórios selecionados
 comprimento: 1 736 mm altura: 1 448 mm largura: 1 128 mm
 Ligação a conduta: 700x400 mm
 Total peso: 354 kg



	Ar de insuflação	Ar de extração	Unidades
Airflow (1.205 kg/m ³)	3 600	3 600	m ³ /h
Velocidade facial (Unidade)	1,92	1,92	m/s
Pressão externa	150	150	Pa
Velocidade do ventilador	1 926	1 739	rpm
Filtro	ePM1 80% (F7)	ePM10 60% (M5)	
Pressão sonora a 3m	39 dB (A)		
Design outdoor temperature	2,0 °C		
Potência de alimentação	3x400V + N + PE, 50/60 Hz, 3x13 A, 4,456 kW		
Energia			
Eficiência de temperatura (húmida/EN 308)	79,0 / 79,0		%
SFPv, clean filter pressure drop	1 655		W/(m ³ /s)
SFPw with dimensional filter pressure drop	2 004		W/(m ³ /s)
Ecodesign 2018 approved	Sim		



Localização: PORTO PEDRA RUBIAS, Portugal



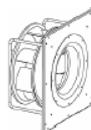
Recuperação de calor rotativa



modelo	P_140_380_4-950		
tipo de rotor	Condensation		
Setor de purga instalado	Sim		
Motorização do rotor	Velocidade variável		
Dados elétricos	24V, 0,05 kW, 2,0 A		
Notas			

	Inverno	Verão	
Eficiência de temperatura (húmida)	79,0	79,0	%
Eficiência de temperatura (EN 308)	79,0	79,0	%
eficiência humidade	29,4	0,0	%
Potência transferida	17,30	7,57	kW
perda de carga insuflação	211	211	Pa
perda de carga extração	211	211	Pa
Temperatura de insuflação antes/após	2,0 / 16,2	32,7 / 26,8	°C
HR de insuflação antes/após	90 / 43	40 / 57	%
Temperatura de retorno antes/após	20,0 / 5,8	25,0 / 31,1	°C
HR de retorno antes/após	50 / 100	50 / 35	%
Rotor ativo	Sim	Sim	-

Insuflação - Ventilador EC



Tipo de transmissão	Transmissão direta		
Tipo de ventilador	Alta eficiência		
Tipo de turbina	Composito		
K-Factor	176		
Proteção do motor	Thermistor		
Temperatura máx do ar transportado	40,0 °C		
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	40,0 °C		
Tensão nominal	3x400V		
Potência nominal	2,18 kW		
Comente nominal	3,3 A		
Notas			

	Inverno	Verão	
Caudal de ar	3 600	3 600	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	659	659	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	809	809	Pa
potência (dimensionar filtros)	1,15	1,15	kW
SFP (dimensionar filtros)	1 148	1 148	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	70,5	70,5	%
velocidade (dimensionar filtros)	1 926	1 926	rpm
Spare capacity (rpm)	18	18	%

Exaustão - Ventilador EC			
Tipo de transmissão	Transmissão direta		
Tipo de ventilador	Alta eficiência		
Tipo de turbina	Composto		
K-Factor	185		
Proteção do motor	Thermistor		
Temperatura máx do ar transportado	40,0 °C		
Temperatura máx do ar transportado, quando controlo de tensão	40,0 °C		
Tensão nominal	3x400V		
Potência nominal	2,12 kW		
Corrente nominal	3,3 A		
Notas			
	Inverno	Verão	
Caudal de ar	3 600	3 600	m ³ /h
pressão estática externa	150	150	Pa
pressão estática interna	461	461	Pa
pressão estática total. A perda de carga do ventilador é calculada como parte da perda de carga estática da unidade completa.	611	611	Pa
potência (dimensionar filtros)	0,86	0,86	kW
SFP (dimensionar filtros)	856	856	W/(m ³ /s)
Total eficiência por pressão total, incl. motor e controlo de velocidade	71,4	71,4	%
velocidade (dimensionar filtros)	1 739	1 739	rpm
Spare capacity (rpm)	26	26	%

Figura 81 - Ficha técnica da máquina de ventilação "Refeitório" da *System air*.



Technical parameters

Nominal data	
Voltage (nominal)	230 V
Frequency	50; 60 Hz
Phases	1~
Input power	73 W
Input current	0.6 A
Impeller speed	2,483 rpm
Air flow	max 740 m³/h
Temperature of transported air	max 60 °C
Max temperature of transported air, when speed controlled	60 °C
Sound data	
Sound pressure level at 3m (20m² Sabin)	40 dB(A)
Protection/Classification	
Enclosure class, motor	IP44
Insulation class	B
Data according to ErP	
ErP ready	ErP 2016, ErP 2018
Dimensions and weights	
Duct dimension; Circular, inlet	200 mm
Duct dimension; Circular, outlet	200 mm
Weight	3.7 kg
Others	
Duct connection type	Circular
Motor type	EC

Hydraulic data	
Required air flow	380 m³/h
Required static pressure	150 Pa
Working air flow	380 m³/h
Working static pressure	150 Pa
Air density	1.204 kg/m³
Power	45.8 W
Fan control - RPM	2,072 rpm
Current	0.39 A
SFP	434.03 W/m³/s
Control voltage	8.0 V
Supply voltage	230 V

Figura 82 - Ficha técnica do ventilador independente “V1” da *System air*.



Technical parameters

Nominal data	
Voltage (nominal)	230 V
Frequency	50, 60 Hz
Phases	1~
Input power	73 W
Input current	0.6 A
Impeller speed	2,463 rpm
Air flow	max 749 m³/h
Temperature of transported air	max 60 °C
Max temperature of transported air, when speed controlled	60 °C
Sound data	
Sound pressure level at 3m (20m² Sabine)	40 dB(A)
Protection/Classification	
Enclosure class, motor	IP44
Insulation class	B
Data according to ErP	
ErP ready	ErP 2016, ErP 2018
Dimensions and weights	
Duct dimension; Circular, inlet	200 mm
Duct dimension; Circular, outlet	200 mm
Weight	3.7 kg
Others	
Duct connection type	Circular
Motor type	EC

Hydraulic data									
Required air flow									360 m³/h
Required static pressure									150 Pa
Working air flow									360 m³/h
Working static pressure									150 Pa
Air density									1,204 kg/m³
Power									42.6 W
Fan control - RPM									2,025 rpm
Current									0.37 A
SFP									428.75 W/m³/s
Control voltage									7.7 V
Supply voltage									230 V
Sound power level	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Total
Inlet	41	60	59	59	57	57	50	41	66
Outlet	47	59	52	58	54	56	50	39	64
Surrounding	<10	23	28	36	37	37	30	20	42
Sound pressure level at 3m (20m² Sabine)	-	-	-	-	-	-	-	-	35
Sound pressure level at 3m free field	-	-	-	-	-	-	-	-	21
Accessories									

Figura 83 - Ficha técnica do ventilador independente "V2" da *System air*.

Anexo 14. CÁLCULO DA DENSIDADE DE POTÊNCIA INSTALADA

Tabela 84 - Cálculo da densidade de potência instalada em cada espaço.

Referência	Descrição	Densidade de potência máxima por 100 lx $DPI_{100\text{ lx,máx}} [(W/m^2)/100\text{ lx}]$	Iluminância média requerida $E_{m\text{ req}} [lx]$	Densidade de potência instalada $DPI_{inst} [W/m^2]$
-1.01	Estacionamento	2.10	75.00	1.58
-1.02	Zona técnica 1	2.10	200.00	4.20
-1.03	Zona técnica 2	2.10	200.00	4.20
-1.04	Zona técnica 3	2.10	200.00	4.20
-1.05	Zona técnica 4	2.10	200.00	4.20
-1.06	Sala de máquinas 1	2.10	200.00	4.20
-1.07	Sala de máquinas 2	2.10	200.00	4.20
-1.08	Arrumos	2.10	100.00	2.10
-1.09	Sala segurança	2.10	200.00	4.20
-1.10	Elevador	2.10	100.00	4.20
-1.11	Antecâmara (Elevadores)	2.30	100.00	2.30
-1.13	Cozinha do restaurante	2.10	500.00	10.50
-1.14	Corredor de Circulação	2.30	100.00	2.30
-1.15	Balneários Masculinos	2.30	200.00	4.60
-1.16	Balneários Femininos	2.30	200.00	4.60
-1.17	Antecâmara dos Balneários	2.30	100.00	2.30
-1.18	Apoio à cozinha	2.30	200.00	4.60
-1.19	Sala de refeições	2.30	200.00	4.60
-1.20	Escadas (Circulação)	2.30	100.00	2.30
-1.21	Elevadores	2.10	100.00	2.10
-1.22	Zona técnica	2.10	200.00	4.20
0.01	Atrium de entrada	2.30	300.00	6.90
0.02	Recepção	2.30	300.00	6.90
0.03	Bar	2.30	300.00	6.90
0.04	Apoio à recepção	2.30	200.00	4.60
0.05	Bagagens	2.30	200.00	4.60
0.06	Antecâmara I.S	2.30	100.00	2.30
0.07	I.S Mobilidade Reduzida M	2.30	200.00	4.60
0.08	I.S Mobilidade Reduzida F	2.30	200.00	4.60
0.09	I.S. M	2.30	200.00	4.60
0.10	I.S. F	2.30	200.00	4.60
0.11	Atrium Elevadores	2.30	100.00	2.30
0.12	Elevadores	2.10	100.00	2.10
0.13	Escadas (Circulação)	2.30	100.00	2.30
0.14	Zona Técnica	2.10	200.00	4.20
0.15	Escadas (Circulação)	2.30	100.00	2.30
0.16	Sala de Reuniões	1.50	500.00	7.50
0.17	Sala de Administração	1.50	500.00	7.50
0.18	Corredor de Circulação	2.30	100.00	2.30
0.19	I.S mista	2.30	200.00	4.60
0.20	Elevador	2.10	100.00	2.10

0.21	Sala de eventos	1.50	500.00	7.50
G.01	Corredor Circulação	2.30	100.00	2.30
G.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
G.03	Câmara corta-Fogo	2.30	100.00	2.30
G.04	Escadas	2.30	100.00	2.30
G.05	Arrumos	2.10	100.00	2.10
G.06	Zona técnica	2.10	200.00	4.20
G.07	Escadas (Circulação)	2.30	100.00	2.30
G.08	Zona técnica	2.10	200.00	4.20
G.09	Elevador	2.10	100.00	2.10
G.10	Escadas	2.30	100.00	2.30
Q.01	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 01	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.02	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 02	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.03	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 0.3	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.04	Quarto	2.30	200.00	4.60
I,S 0.4	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.05	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 05	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.06	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 06	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.07	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 07	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.08	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 08	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.09	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 09	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.10	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 10	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.11	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 11	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.12	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 12	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.13	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 13	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.14	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 14	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.15	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 15	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.16	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 16	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.17	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 17	I.S	2.30	200.00	4.60
1.01	Corredor de Circulação	2.30	100.00	2.30
1.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
1.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
1.04	Copa dos Funcionários	2.30	200.00	4.60
1.05	Escadas	2.30	100.00	230.00
1.06	Antecâmara	2.30	100.00	2.30

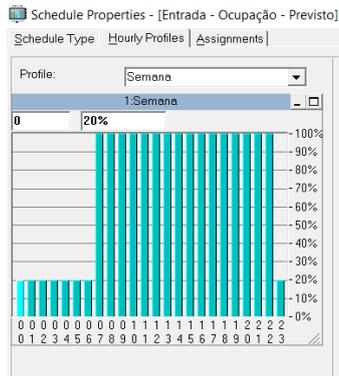
1.08	Corredor de Circulação	2.30	100.00	2.30
1.10	Elevador	2.10	100.00	2.10
1.11	Escadas	2.30	100.00	2.30
1.14	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.18	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 18	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.19	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 19	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.20	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 20	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.21	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 21	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.22	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 22	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.23	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 23	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.24	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 24	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.25	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 25	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.26	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 26	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.27	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 27	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.28	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 28	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.29	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 29	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.30	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 30	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.31	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 31	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.32	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 32	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.33	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 33	I.S	2.30	200.00	4.60
2.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
2.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
2.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
2.04	Copa	2.30	200.00	4.60
2.05	Elevador	2.10	100.00	2.10
2.06	Antecâmara elevadores	2.30	100.00	2.30
2.07	Zona técnica	2.10	100.00	4.20
2.08	Zona técnica	2.10	100.00	4.20
2.11	I.S	2.30	200.00	4.60
2.12	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.34	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 34	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.35	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 35	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.36	Quarto	2.30	200.00	4.60

I.S 36	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.37	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 37	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.38	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 38	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.39	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 39	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.40	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 40	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.41	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 41	I.S	2.30	200.00	4.60
3.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
3.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
3.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
3.04	Copa	2.30	100.00	4.60
3.05	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.42	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 42	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.43	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 43	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.44	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 44	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.45	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 45	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.46	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 46	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.47	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 47	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.48	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 48	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.49	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 49	I.S	2.30	200.00	4.60
4.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
4.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
4.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
4.04	Copa	2.30	100.00	4.60
4.05	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.50	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 50	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.51	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 51	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.52	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 52	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.53	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 53	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.54	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 54	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.55	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 55	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.56	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 56	I.S	2.30	200.00	4.60

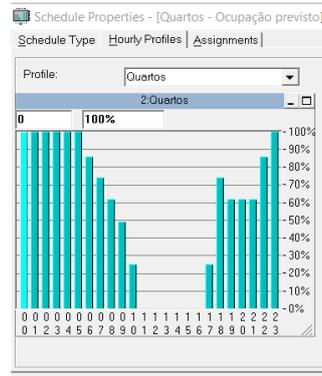
Q.57	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 57	I.S	2.30	200.00	4.60
5.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
5.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
5.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
5.04	Copa	2.30	100.00	4.60
5.05	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.58	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 58	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.59	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 59	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.60	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 60	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.61	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 61	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.62	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 62	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.63	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 63	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.64	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 64	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.65	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 65	I.S	2.30	200.00	4.60
6.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
6.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
6.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
6.04	Copa	2.30	100.00	4.60
6.05	Antecâmara (Quartos)	2.30	100.00	2.30
Q.66	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 66	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.67	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 67	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.68	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 68	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.69	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 69	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.70	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 70	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.71	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 71	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.72	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 72	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.73	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 73	I.S	2.30	200.00	4.60
7.01	Circulação	2.30	100.00	2.30
7.02	Elevadores	2.10	100.00	2.10
7.03	Escadas	2.30	100.00	2.30
7.04	Copa	2.30	200.00	4.60
Q.74	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 74	I.S	2.30	200.00	4.60
Q..75	Quarto	2.30	200.00	4.60

I.S 75	I.S	2.30	200.00	4.60
Q,76	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 76	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.77	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 77	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.78	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 78	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.79	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 79	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.80	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 80	I.S	2.30	200.00	4.60
Q.81	Quarto	2.30	200.00	4.60
I.S 81	I.S	2.30	200.00	4.60

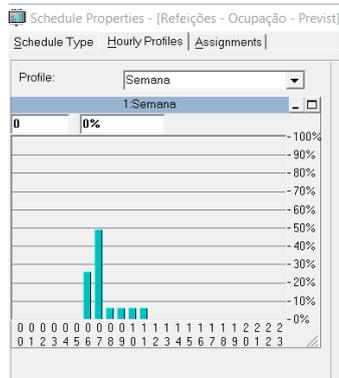
Anexo 15. PERFIS DE OCUPAÇÃO UTILIZADOS *HAP*



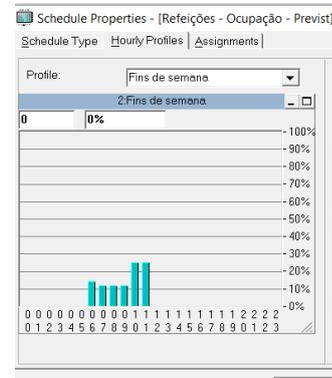
a)



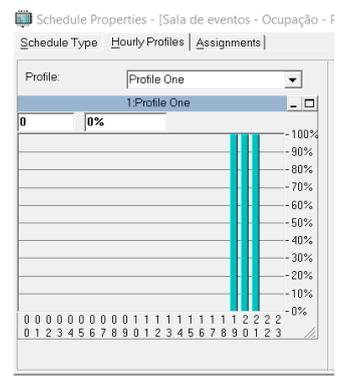
b)



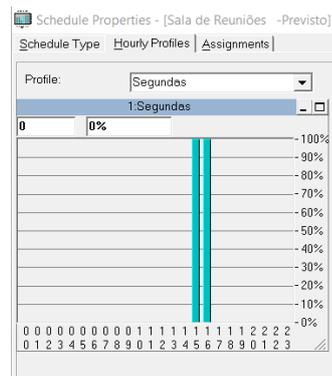
c)



d)

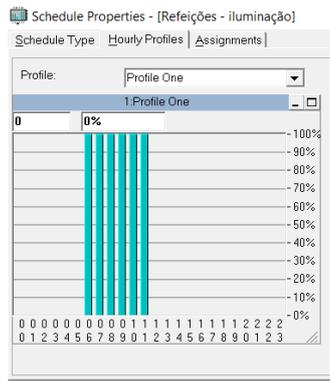


e)

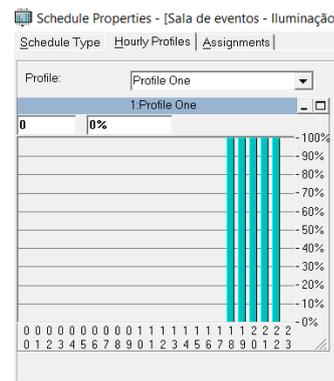


f)

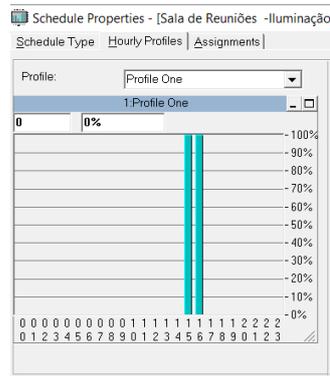
Figura 84 – Perfis de ocupação utilizados no *HAP* para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de ocupação dos espaços da zona de entrada; b) Perfil de ocupação dos quartos; c) Perfil de ocupação da sala de refeições durante a semana; d) Perfil de ocupação da sala de refeições ao fim de semana; e) Perfil de ocupação da sala de eventos; f) Perfil de ocupação da sala de reuniões e sala de administração.



e)



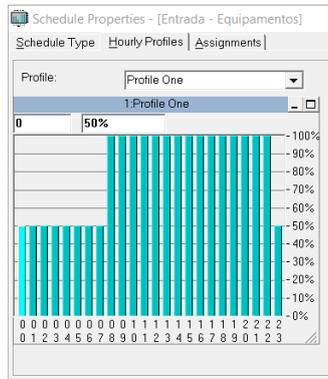
f)



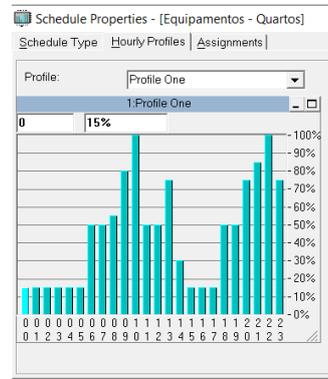
g)

Figura 85 - Perfis de iluminação utilizados no *HAP* para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de iluminação dos espaços da zona de entrada; b) Perfil de iluminação dos quartos de segundas a quintas-feiras; c) Perfil de iluminação dos quartos para sextas-feiras e sábados; d) Perfil de iluminação dos quartos para os domingos; e) Perfil de iluminação da sala de refeições; f) Perfil de iluminação da sala de eventos; g) Perfil de iluminação da sala de reuniões e sala de administração.

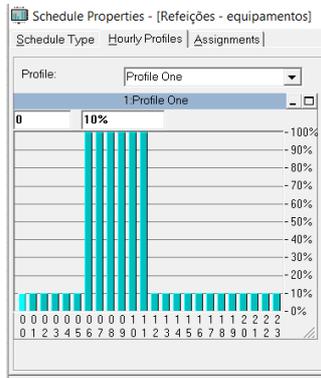
Anexo 17. PERFIS DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS UTILIZADOS *HAP*



a)



b)



c)

Figura 86 - Perfis de utilização de equipamentos elétricos utilizados no *HAP* para a simulação do edifício previsto: a) Perfil de utilização de equipamentos elétricos para as zonas de entrada; b) Perfil de utilização de equipamentos elétricos para os quartos; c) Perfil de utilização de equipamentos elétricos para a sala de refeições.

Anexo 18. CÁLCULO DO FATOR SOLAR DE SIMULAÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS

Tabela 85 – Cálculo do fator solar de simulação para cada envidraçado.

ID vão	$g_{tot, corrigido}$	$g_{simulação}$
VE 0.01	0.18	0.24
VE 0.02	0.15	0.24
VE 0.03	0.18	0.24
VE 0.04	0.18	0.24
VE 0.05	0.18	0.24
VE 0.06	0.18	0.24
VE 0.07	0.18	0.24
VE 0.08	0.18	0.24
VE 0.09	0.28	0.35
VE 0.10	0.25	0.35
VE 0.11	0.25	0.35
VE 0.12	0.25	0.35
VE 0.13	0.27	0.35
VE 0.14	0.37	0.35
VE G.01	0.03	0.15
VE G.02	0.03	0.15
VE G.03	0.03	0.15
VE G.04	0.03	0.15
VE G.05	0.03	0.15
VE G.06	0.03	0.15
VE G.07	0.03	0.15
VE G.08	0.03	0.15
VE G.09	0.03	0.15
VE G.10	0.03	0.15
VE G.11	0.03	0.15
VE G.12	0.03	0.15
VE G.13	0.03	0.15
VE G.14	0.32	0.35
VE G.15	0.03	0.15
VE G.16	0.03	0.15
VE G.17	0.03	0.15
VE G.18	0.03	0.15
VE G.19	0.03	0.15
VE G.20	0.03	0.15
VE G.21	0.32	0.35
VE 1.01	0.03	0.15
VE 1.02	0.02	0.15
VE 1.03	0.02	0.15
VE 1.04	0.02	0.15
VE 1.05	0.03	0.15
VE 1.06	0.03	0.15

VE 1.07	0.02	0.15
VE 1.08	0.02	0.15
VE 1.09	0.33	0.35
VE 1.10	0.13	0.24
VE 1.11	0.26	0.35
VE 1.12	0.26	0.35
VE 1.25	0.18	0.24
VE 1.26	0.26	0.35
VE 1.27	0.26	0.35
VE 1.13	0.03	0.15
VE 1.14	0.03	0.15
VE 1.15	0.03	0.15
VE 1.16	0.03	0.15
VE 1.17	0.32	0.35
VE 1.18	0.03	0.15
VE 1.19	0.03	0.15
VE 1.20	0.03	0.15
VE 1.21	0.03	0.15
VE 1.22	0.03	0.15
VE 1.23	0.03	0.15
VE 1.24	0.32	0.35
VE 2.01	0.03	0.15
VE 2.02	0.02	0.15
VE 2.03	0.02	0.15
VE 2.04	0.02	0.15
VE 2.05	0.03	0.15
VE 2.06	0.03	0.15
VE 2.07	0.03	0.15
VE 2.08	0.03	0.15
VE 2.09	0.33	0.35
VE 3.01	0.03	0.15
VE 3.02	0.02	0.15
VE 3.03	0.02	0.15
VE 3.04	0.02	0.15
VE 3.05	0.03	0.15
VE 3.06	0.03	0.15
VE 3.07	0.03	0.15
VE 3.08	0.03	0.15
VE 3.09	0.33	0.35
VE 4.01	0.03	0.15
VE 4.02	0.02	0.15
VE 4.03	0.02	0.15
VE 4.04	0.02	0.15
VE 4.05	0.03	0.15
VE 4.06	0.03	0.15
VE 4.07	0.03	0.15
VE 4.08	0.03	0.15
VE 4.09	0.33	0.35
VE 5.01	0.03	0.15
VE 5.02	0.02	0.15
VE 5.03	0.02	0.15

VE 5.04	0.02	0.15
VE 5.05	0.03	0.15
VE 5.06	0.03	0.15
VE 5.07	0.03	0.15
VE 5.08	0.03	0.15
VE 5.09	0.33	0.35
VE 6.01	0.03	0.15
VE 6.02	0.02	0.15
VE 6.03	0.02	0.15
VE 6.04	0.02	0.15
VE 6.05	0.03	0.15
VE 6.06	0.03	0.15
VE 6.07	0.03	0.15
VE 6.08	0.03	0.15
VE 6.09	0.33	0.35
VE 7.01	0.03	0.15
VE 7.02	0.03	0.15
VE 7.03	0.03	0.15
VE 7.04	0.03	0.15
VE 7.05	0.03	0.15
VE 7.06	0.03	0.15
VE 7.07	0.03	0.15
VE 7.08	0.03	0.15
VE 7.09	0.37	0.35

Anexo 19. POTÊNCIAS TÉRMICAS DETERMINADAS POR SIMULAÇÃO NO

HAP

Tabela 86 - Potências térmicas de arrefecimento e aquecimento determinadas no HAP, para os espaços a climatizar.

Referência	Descrição	Potência térmica arrefecimento [kW]	Potência térmica aquecimento [kW]
-1.19	Sala de refeições	14.90	4.20
0.01	Atrium de entrada	9.30	3.70
0.16	Sala de Reuniões	1.60	0.40
0.17	Sala de Administração	1.80	0.70
0.21	Sala de eventos	21.60	5.30
Q.01	Quarto	1.50	0.60
Q.02	Quarto	1.40	0.30
Q.03	Quarto	1.40	0.30
Q.04	Quarto	1.40	0.30
Q.05	Quarto	1.40	0.30
Q.06	Quarto	1.40	0.20
Q.07	Quarto	1.90	0.70
Q.08	Quarto	2.00	0.40
Q.09	Quarto	1.20	0.30
Q.10	Quarto	1.30	0.40
Q.11	Quarto	1.30	0.40
Q.12	Quarto	2.30	0.50
Q.13	Quarto	1.40	0.50
Q.14	Quarto	1.20	0.30
Q.15	Quarto	1.20	0.30
Q.16	Quarto	1.20	0.30
Q.17	Quarto	1.30	0.40
Q.18	Quarto	1.20	0.70
Q.19	Quarto	1.20	0.40
Q.20	Quarto	1.20	0.40
Q.21	Quarto	1.20	0.40
Q.22	Quarto	1.20	0.40
Q.23	Quarto	1.20	0.50
Q.24	Quarto	1.40	0.70
Q.25	Quarto	2.00	0.60
Q.26	Quarto	1.70	0.30
Q.27	Quarto	1.90	0.40
Q.28	Quarto	1.60	0.50
Q.29	Quarto	1.30	0.50
Q.30	Quarto	1.30	0.30
Q.31	Quarto	1.30	0.30
Q.32	Quarto	1.30	0.30
Q.33	Quarto	1.30	0.40
Q.34	Quarto	1.70	0.30

Q.35	Quarto	1.70	0.40
Q.36	Quarto	1.50	0.50
Q.37	Quarto	1.30	0.60
Q.38	Quarto	1.30	0.30
Q.39	Quarto	1.30	0.30
Q.40	Quarto	1.30	0.30
Q.41	Quarto	1.30	0.50
Q.42	Quarto	1.70	0.30
Q.43	Quarto	1.70	0.40
Q.44	Quarto	1.50	0.50
Q.45	Quarto	1.30	0.60
Q.46	Quarto	1.30	0.30
Q.47	Quarto	1.30	0.30
Q.48	Quarto	1.30	0.30
Q.49	Quarto	1.30	0.50
Q.50	Quarto	1.70	0.30
Q.51	Quarto	1.70	0.40
Q.52	Quarto	1.50	0.50
Q.53	Quarto	1.30	0.60
Q.54	Quarto	1.30	0.30
Q.55	Quarto	1.30	0.30
Q.56	Quarto	1.30	0.30
Q.57	Quarto	1.30	0.50
Q.58	Quarto	1.70	0.30
Q.59	Quarto	1.70	0.40
Q.60	Quarto	1.50	0.50
Q.61	Quarto	1.30	0.60
Q.62	Quarto	1.30	0.30
Q.63	Quarto	1.30	0.30
Q.64	Quarto	1.30	0.30
Q.65	Quarto	1.30	0.50
Q.66	Quarto	1.70	0.30
Q.67	Quarto	1.70	0.40
Q.68	Quarto	1.50	0.50
Q.69	Quarto	1.30	0.60
Q.70	Quarto	1.30	0.30
Q.71	Quarto	1.30	0.30
Q.72	Quarto	1.30	0.30
Q.73	Quarto	1.30	0.50
Q.74	Quarto	1.80	0.50
Q.75	Quarto	1.70	0.50
Q.76	Quarto	2.00	0.70
Q.77	Quarto	1.30	0.70
Q.78	Quarto	1.30	0.50
Q.79	Quarto	1.30	0.50
Q.80	Quarto	1.30	0.50
Q.81	Quarto	1.30	0.60

Anexo 20. EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO SELECIONADOS

Tabela 87 - Unidades interiores selecionadas para cada espaço [27].

Referência	Descrição	Unidade interior		Numeração unidade exterior
		Quantidade	Potência de arrefecimento [kW]	
-1.19	Sala de refeições	6 x FXAQ63A	7.1	1
0.01	Atrium de entrada	3 x FXFQ80B	9.0	2
0.16	Sala de Reuniões	1 x FXAQ32A	3.6	
0.17	Sala de Administração	1 x FXAQ50A	5.6	
0.21	Sala de eventos	4 x FXSQ125A	14.0	3
Q.01	Quarto	1 x FXAQ25A	2.8	4
Q.02	Quarto	1 x FXAQ25A	2.8	
Q.03	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.04	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.05	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.06	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.07	Quarto	1 x FXAQ32A	3.6	
Q.08	Quarto	1 x FXAQ32A	3.6	
Q.09	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.10	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	5
Q.11	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.12	Quarto	1 x FXAQ40A	4.5	
Q.13	Quarto	1 x FXAQ32A	3.6	
Q.14	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.15	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.16	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.17	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.18	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.19	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	4
Q.20	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.21	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.22	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.23	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.24	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.25	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	
Q.26	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	6
Q.27	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.28	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.29	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.30	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.31	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.32	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.33	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.34	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	

Q.35	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.36	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.37	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.38	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.39	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.40	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.41	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.42	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	
Q.43	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.44	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.45	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.46	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.47	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.48	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.49	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.50	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	
Q.51	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.52	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.53	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.54	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.55	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.56	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.57	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.58	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	
Q.59	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.60	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.61	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.62	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.63	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.64	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.65	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.66	Quarto	1 x FXSQ32A	3.6	
Q.67	Quarto	1 x FXSQ25A	2.8	
Q.68	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.69	Quarto	1 xFXSQ20A	2.2	
Q.70	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.71	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.72	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.73	Quarto	1 x FXSQ20A	2.2	
Q.74	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.75	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.76	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.77	Quarto	1 x FXAQ20A	2.2	
Q.78	Quarto	1 x FXAQ15A	1.7	
Q.79	Quarto	1 x FXAQ15A	1.7	
Q.80	Quarto	1 x FXAQ15A	1.7	
Q.81	Quarto	1 x FXAQ15A	1.7	

7

8

9

Tabela 88 - Características e identificação das unidades exteriores utilizadas [27].

Numeração	Modelo	Potência térmica		Eficiências	
		Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	SEER	SCOP
1	RXYQ14U	40.0	40.0	6.3	4.0
2	RXYSQ10 TY1	28.0	28.0	6.3	4.1
3	RXYQ16U	45.0	45.0	6.0	4.0
4	REYQ12U	33.5	33.5	6.5	4.7
5	REYQ8U	22.4	22.4	7.2	4.2
6	REYQ12U	33.5	33.5	6.5	4.7
7	REYQ12U	33.5	33.5	6.5	4.7
8	REYQ12U	33.5	33.5	6.5	4.7
9	REYQ8U	22.4	22.4	7.2	4.2

Anexo 21. CONSUMOS DE ILUMINAÇÃO DOS ENU'S

Tabela 89 - Determinação dos consumos elétricos anuais associados à iluminação dos ENU's.

ENU	DPI_{inst} [W/m ²]	Área [m ²]	Potência [kW]	Horas por dia	Dias por ano	Consumo anual [kWh]
-1.01 Estacionamento	1.58	432.64	0.68	24	365	5969.13
-1.02 Zona técnica 1	4.20	7.97	0.03	2	365	24.44
-1.03 Zona técnica 2	4.20	29.97	0.13	2	365	91.89
-1.04 Zona técnica 3	4.20	15.36	0.06	2	365	47.09
-1.05 Zona técnica 4	4.20	17.50	0.07	2	365	53.66
-1.06 Sala de máquinas 1	4.20	3.34	0.01	2	365	10.24
-1.07 Sala de máquinas 2	4.20	4.00	0.02	2	365	12.26
-1.08 Arrumos	2.10	21.18	0.04	2	365	32.47
-1.10 Elevador	2.10	2.89	0.01	8	365	17.72
-1.22 Zona técnica	4.20	15.62	0.07	4	365	95.78
0.12 Elevadores	2.10	4.27	0.01	8	365	26.18
0.14 Zona técnica	4.20	14.62	0.07	4	365	95.78
G.06 Zona técnica	4.20	33.23	0.14	4	365	203.77
G.08 Zona técnica	4.20	14.66	0.06	4	365	89.90
G.10 Escadas	2.30	25.82	0.06	24	365	520.22
2.06 Antecâmara elevadores	2.30	10.79	0.02	24	365	217.40
2.07 Zona técnica	4.20	11.88	0.05	4	365	72.85
2.08 Zona técnica	4.20	33.31	0.14	4	365	204.26
2.11 I.S	4.60	4.44	0.02	2	365	14.91
Total (kWh/ano)						7799.94

Anexo 22. CONSUMOS DE VENTILAÇÃO DOS VENTILADORES DE EXTRAÇÃO INDEPENDENTES

Tabela 90 - Determinação dos consumos elétricos anuais dos ventiladores de extração independentes.

Ventilador	SPF [W/(m ³ /s)]	Caudal [m ³ /s]	Potência [kW]	Dias por ano	Horas por dia	Horas por ano	Consumo anual [kWh/ano]
V1	434.03	0.11	0.05	365	8	2920	133.78
V2	425.75	0.10	0.04	365	8	2920	124.32

Anexo 23. PAINEL SOLAR TÉRMICO SOL 250

Sol 250



Instalação	Vertical	Horizontal
Superfície total	2,5 m ²	2,8 m ²
Coletores por fila	Até 10	Até 12
Absorvedor	De alumínio, com tratamento altamente seletivo	De traço seletivo
Espessura absorvedor	0,4 mm	0,4 mm
Absortância	95 %	95 %
Emitância	5 %	5 %
Circuito hidráulico	Serpentina	Serpentina
Vidro solar	Texturizado 3,2 mm	Texturizado 3,2 mm
Isolamento posterior	Fibra de vidro com manto negro 40 mm	Fibra de vidro com manto negro 40 mm
Carcaça	Alumínio cinzento RAL 7016	Alumínio cinzento RAL 7016
Garantia (1)	10 anos	10 anos

Superfície total	2,51 m ²	2,51 m ²
Superfície abertura	2,37 m ²	2,37 m ²
Capacidade	2,3 l	2,7 l
Peso vazio	47 kg	49 kg
Pressão máx. trabalho	10 bar	10 bar
Temp. estagnação	198 °C	198 °C

Figura 87 - Ficha técnica do painel solar térmico SOL 250 da BAXI [15].



Annex to Solar Keymark Certificate		Licence Number										
Supplementary Information		Issued										
		078/000133										
		2022-12-05										
Gross Thermal Yield in kWh/collector at mean fluid temperature θ_m												
Collector name	Athens			Davos			Stockholm			Würzburg		
	θ_m	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C
BAXI SOL 250	3.002	2.130	1.381	2.275	1.562	972	1.675	1.091	656	1.823	1.177	696
Gross Thermal Yield per m ² gross area												
Annual efficiency, η_g												
Fixed or tracking collector												
Annual irradiation on collector plane												
Mean annual ambient air temperature												
Collector orientation or tracking mode												
The collector is operated at constant temperature θ_m (mean of in- and outlet temperatures). The calculation of the annual collector performance is performed with the official Solar Keymark spreadsheet tool Scenocalc Ver. 6.2 (13.01.2022). A detailed description of the calculations is available at http://www.estif.org/solarkeymarknew/												
Additional Information												
Collector heat transfer medium										Water-Glycole		
The collector is deemed to be suitable for roof integration										No		
The collector was tested successfully under the following conditions:												
Climate class (A+, A, B or C)										A+		
G (W/m ²) >										1100		
θ_a (°C) >										40		
H _h (MJ/m ²) >										700		
Maximum tested positive load										3500		
Maximum tested negative load										2400		
Hail resistance using ice balls (diameter)										35		
Additional collector attribute(s)												
Using external power source(s) for normal operation										No		
Co-generating thermal and electrical power										No		
Active or passive measure(s) for self-protection										No		
Façade collector(s)										Yes		
Energy Labelling Information				Additional Informative Technical Data								
Reference Area, A _{ref} (m ²)				Hydraulic Designation Code				Aperture Area, A _a (m ²)				
BAXI SOL 250				1-H-12345-A-9.2.22272-C:20.6.1100				2,35				
Data required for CDR (EU) No 811/2013 - Reference Area A _{ref}				Data required for CDR (EU) No 812/2013 - Reference Area A _{ref}								
Collector efficiency (η_{col})				Zero-loss efficiency (η_0)				First-order coefficient (a_1)				
60%				0.76				3.58				
Second-order coefficient (a_2)				Incidence angle modifier IAM (50°)				Incidence angle modifier IAM (50°)				
0.013				0.89				0.89				
Remark: Collector efficiency (η_{col}) is defined in CDR (EU) No 811/2013 as collector efficiency of the solar collector at a temperature difference between the solar collector and the surrounding air of 40 K and a global solar irradiance of 1000 W/m ² , expressed in % and rounded to the nearest integer. Deviating from the regulation η_{col} is based on reference area (A _{ref}) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806:2017.												
Remark: The data given in this section are related to collector reference area (A _{ref}) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806. Consistent data sets for either aperture or gross area can be used in calculations like in the regulation 811 and 812 and simulation programs.												
AENOR INTERNACIONAL, S.A.U. - Génova, 6. - 28004 - Madrid, España - Tel. 91 432 60 00- www.aenor.com												
Product certification body accredited by ENAC, number 1/C-PR271												

Figura 89 - Certificado solar Keymark do painel solar térmico SOL 250 da BAXI (página 2).

Anexo 24. DEPÓSITOS DE ACUMULAÇÃO UTILIZADOS



Esmaltados AS 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 e 5000

Fabricados em aço esmaltado.
Os modelos 1E e 2E incluem serpentinas desmontáveis de aço inoxidável.

Isolamento do depósito através de espuma rígida de poliuretano injetado, livre de CFC.
Incorporam proteção por ânodo

de sacrifício de magnésio e indicador do seu estado (proteção eletrônica permanente disponível como acessório opcional).

	AS 2000-IN E	AS 2500-IN E	AS 3000-IN E	AS 3500-IN E	AS 4000-IN E	AS 5000-IN E	AS 2000-1E
Volume AQS	1.987	2.475	2.981	3.478	3.956	4.907	1.952
Permutador	-	-	-	-	-	-	1 serpentina
Superfície serpentina inferior	-	-	-	-	-	-	3,40
Volume serpentina inferior	-	-	-	-	-	-	19,00
Superfície serpentina superior	-	-	-	-	-	-	-
Volume serpentina superior	-	-	-	-	-	-	-
Instalação	Vertical						
Pressão máx. primário	-	-	-	-	-	-	25
Temp. máx. primário	-	-	-	-	-	-	200
Pressão máx. secundário	8	8	8	8	8	8	8
Temp. máx. secundário	90	90	90	90	90	90	90
Perdas estáticas	174	194	215	232	245	266	174
Peso vazio	450	630	690	755	880	1.040	660
Referência	148110305	148110306	148110307	148110308	148110309	148110310	148112348
Preço	6.035 €	7.156 €	7.871 €	8.513 €	9.979 €	11.723 €	7.530 €
Envolvente	Interior Exterior						
Referência	148010021 148010028	148010022 148010029	148010023 148010030	148010024 148010031	148010025 148010032	148010026 148010033	148010021 148010028
Preço	416 € 493 €	493 € 584 €	520 € 623 €	545 € 638 €	609 € 716 €	650 € 777 €	416 € 493 €

	AS 2500-1E	AS 3000-1E	AS 3500-1E	AS 4000-1E	AS 5000-1E	AS 2000-2E	AS 3500-2E	AS 5000-2E
Volume AQS	2.445	2.951	3.438	3.916	4.857	1.989	3.464	4.912
Permutador	1 serpentina	2 serpentinas	2 serpentinas	2 serpentinas				
Superfície serpentina inferior	4,80	5,00	6,70	6,70	8,40	5,00	8,40	10,00
Volume serpentina inferior	28,00	29,00	38,00	38,00	48,00	29,00	48,00	56,00
Superfície serpentina superior	-	-	-	-	-	3,30	4,00	5,00
Volume serpentina superior	-	-	-	-	-	18,00	24,00	28,00
Instalação	Vertical							
Pressão máx. primário	25	25	25	25	25	25	25	25
Temp. máx. primário	200	200	200	200	200	120	120	120
Pressão máx. secundário	8	8	8	8	8	8	8	8
Temp. máx. secundário	90	90	90	90	90	90	90	90
Perdas estáticas	194	215	232	245	266	174	232	266
Peso vazio	710	780	840	1.010	1.150	541	865	1.165
Referência	148112349	148112350	148112351	148112352	148112353	7748937	7749713	7749714
Preço	9.298 €	10.461 €	11.554 €	13.399 €	16.271 €	11.378 €	15.762 €	21.807 €
Envolvente	Interior Exterior							
Referência	148010022 148010029	148010023 148010030	148010024 148010031	148010025 148010032	148010026 148010033	148010021 148010028	148010024 148010031	148010026 148010033
Preço	493 € 584 €	520 € 623 €	545 € 638 €	609 € 716 €	650 € 777 €	416 € 493 €	545 € 638 €	650 € 777 €

Figura 90 - Ficha técnicas dos depósitos BAXI utilizados [15].

Anexo 25. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Sumário																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Instalação em Rua Júlio Dinis (Porto) 20 colectores BAXI SOL 250 a painal de 50,20 m ² (inclinação 28° e azimute 67°) a depósito de 2000 l, modelo BAXI AS 2000-IE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Necessidades de energia: AGS Energia útil solicitada: 165 030 kWh - satisfeitas por origem solar: 36 436 kWh 22% de fração solar - satisfeitas pelo apoio: 128 573 kWh 78%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 41% produtividade: 726 kWh/m ² perdas: 4%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Local e clima																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
NUTS III: Grande Porto Município: Porto Local: Rua Júlio Dinis elevação: 62 m albedo: 20%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
obstruções do horizonte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
altura angular:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
altura angular:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Configuração do sistema solar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 50,2 m ² de colectores com inclinação 28° e orientação 67°, e armazenamento de água sanitária com 2000 litros, apoio de montagem em série com controlo modulante.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Circuito primário com 30 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 37 mm, isolamento em poluretano com 20 mm de espessura. Bombas de 120 W, garantindo um caudal nominal de 39 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
20 colectores BAXI SOL 250 - certificado 078/000133 de AENOR (ES), dados inseridos por (válido até 2022-07-24). Área de abertura 2,51 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,29 W/m ² K e a2 = 0,017 W/m ² K ² , rendimento óptico = 77%.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1 depósito de modelo BAXI AS 2000-IE, com capacidade 2000 litros, em posição; coeficiente de perdas térmicas global = 5,0 W/K, paredes em ESMALTADO, temperatura máxima de operação 90°C.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Apoio energético fornecido por sistema eléctrico (electricidade) com eficiência nominal 100%.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Água quente distribuída por tubagens de calibre 22 mm isoladas por poluretano com espessura 20 mm, com 30 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Necessidades de água quente (em volume)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
segunda a sexta-feira																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>5</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>litros</td></tr> <tr><td>6</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>7</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>litros</td></tr> <tr><td>8</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>115</td><td>litros</td></tr> <tr><td>9</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>10</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>11</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>12</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>13</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>litros</td></tr> <tr><td>14</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>litros</td></tr> <tr><td>15</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>16</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>litros</td></tr> <tr><td>17</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>litros</td></tr> <tr><td>18</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>19</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>litros</td></tr> <tr><td>20</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>litros</td></tr> <tr><td>21</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>22</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>litros</td></tr> <tr><td>23</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>litros</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>total x</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>8556</td><td>litros</td></tr> </tbody> </table>															jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	litros	6	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	7	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	litros	8	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	litros	9	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	12	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	13	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros	14	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros	15	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros	17	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	litros	18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	19	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	litros	20	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	litros	21	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	22	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros	23	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	litros	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	total x	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	litros
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
12	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
13	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
14	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
15	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
17	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
19	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
20	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
21	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
22	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
23	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
total x	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	8556	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
fim-de-semana																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>4</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>litros</td></tr> <tr><td>5</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>6</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>7</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>litros</td></tr> <tr><td>8</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>litros</td></tr> <tr><td>9</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>litros</td></tr> <tr><td>10</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>11</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>12</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>litros</td></tr> <tr><td>13</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>litros</td></tr> <tr><td>14</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>15</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>litros</td></tr> <tr><td>16</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>litros</td></tr> <tr><td>17</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>18</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>litros</td></tr> <tr><td>19</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>litros</td></tr> <tr><td>20</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>litros</td></tr> <tr><td>21</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>litros</td></tr> <tr><td>22</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>litros</td></tr> <tr><td>23</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>litros</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>total x</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>litros</td></tr> </tbody> </table>															jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	4	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros	5	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	6	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	7	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	litros	8	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	litros	9	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	litros	10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	12	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros	13	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	litros	14	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	15	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros	16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros	17	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros	19	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	litros	20	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	litros	21	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	litros	22	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	litros	23	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	litros	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros	total x	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	litros
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
4	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
5	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
12	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
13	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
14	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
15	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
17	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
19	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
20	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
21	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
22	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
23	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
total x	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	litros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2	
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	horizontal (k superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
	incidente nos colectores	1,1	1,8	2,7	3,3	3,9	4,7	5,1	4,6	3,6	1,9	1,3	0,8	3,9 kWh/m ² .dia
	absorvida pelos colectores	0,9	1,4	2,1	2,6	3,1	3,7	3,9	3,6	2,8	1,5	1,0	0,6	3,2 kWh/m ² .dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,3	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
	na horizontal (k superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
	incidente nos colectores	2,1	3,1	4,4	5,5	6,3	7,1	7,2	6,5	5,3	3,5	2,4	1,6	4,6 kWh/m ² .dia
	absorvida pelos colectores	1,6	2,3	3,4	4,1	4,8	5,3	5,5	5,0	4,0	2,6	1,8	1,2	3,5 kWh/m ² .dia
Desempenho energético														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	10	11	13	14	17	20	22	22	21	17	14	12	16 °C
	abastecimento de água	13	14	14	15	16	18	19	19	18	17	15	14	16 °C
	base do armazenamento	41	36	34	29	33	11	31	31	31	33	38	42	33 °C
	topo do armazenamento	50	51	53	58	68	68	77	64	58	50	49	48	58 °C
	pretendida no consumo	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	energia primária (eletricidade via SEP)	8.814	8.841	8.846	8.889	8.814	8.822	8.878	8.814	8.825	8.846	8.822	8.878	8.840 litros/dia
	extraída do armazenamento	341	725	1.134	1.566	1.884	2.225	2.540	2.395	1.803	897	460	225	1.386 litros/dia
	nota: adicionada	8.473	8.116	7.712	7.323	6.930	6.597	6.338	6.419	7.053	7.949	8.363	8.653	7.454 litros/dia
balanços de energia	- sistema solar													
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	nota: radiação solar na horizontal	2.778	3.881	6.467	8.122	10.078	11.142	11.626	10.146	7.516	4.947	3.127	2.177	60.008 kWh
	energia primária (radiação solar incidente)	3.237	4.377	6.919	8.285	9.871	10.717	11.278	10.177	7.982	5.411	3.625	2.517	84.347 kWh
	energia solar captada	836	1.429	2.569	4.064	4.200	5.530	5.428	4.876	3.725	2.157	1.126	524	36.465 kWh
	perdas térmicas no circuito primário	7	10	16	16	20	14	19	19	15	12	9	6	168 kWh
	perdas térmicas no armazenamento	97	77	88	91	124	110	144	107	91	82	87	94	1.184 kWh
	consumos eléctricos parasitários	13	18	25	32	37	45	44	36	33	26	17	10	388 kWh
	energia final (calor de origem solar)	676	1.212	2.209	3.424	4.234	5.641	5.476	4.805	3.622	1.860	961	473	34.624 kWh
	- sistema de apoio													
	energia primária (eletricidade via SEP)	35.675	29.990	29.879	25.042	21.598	17.509	15.056	18.885	21.706	30.261	32.499	35.893	313.968 kWh
	energia final (calor)	14.270	11.996	11.952	10.017	8.639	7.004	6.023	7.554	8.683	12.104	13.000	14.357	125.587 kWh
	- circuito de distribuição													
perdas térmicas	7	6	6	5	5	4	3	4	5	6	7	7	45 kWh	
- fornecimento de água quente														
necessidades (consumo de energia útil)	14.897	13.341	14.513	13.917	13.896	12.934	13.063	13.027	12.880	13.813	13.888	14.790	165.610 kWh	
energia de origem solar (útil)	674	1.224	2.290	3.546	4.556	5.766	6.236	5.085	3.791	1.844	975	471	36.486 kWh	
energia com origem no apoio (útil)	14.223	12.117	12.224	10.372	9.340	7.169	6.858	7.963	9.089	11.969	12.913	14.319	129.124 kWh	
Desempenho global do sistema														
fracção solar	22% em termos de energia útil										(*)			
produtividade	726 kWh/m ² de colector													
ie.	67% de produtividade limite dos colectores, 1077 kWh/m ²													
rendimento - definição física	41% em relação à energia solar no plano dos colectores													
rendimento - definição estatística	44% em relação à energia solar na horizontal													
perdas térmicas e consumos parasitários	5% da energia solar captada													
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														
14/06/2023 16:31							software SCE.ER - versão 1.7.0							

Figura 91 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares térmicos.

Anexo 26. PAINEL SOLAR HÍBRIDO AH72SK DA ABORA SOLAR

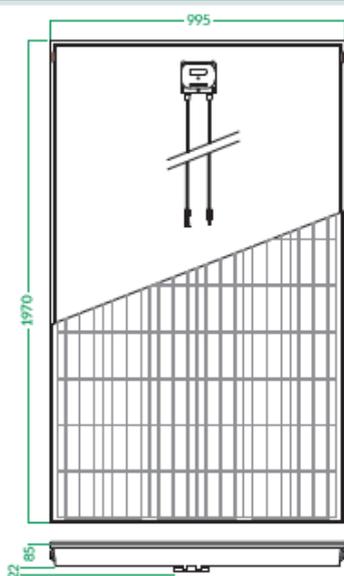


Painel solar híbrido com produção simultânea térmica e fotovoltaica



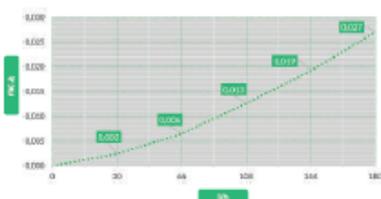
* Todas as percentagens de produção estão condicionadas pelo intervalo de T° de trabalho da instalação.

Dimensões



Pêrdida de carga

Caida de presión: T° max: 20,13 °C / T° mix: 19,39 °C



Especificações Gerais

Comprimento x Largura x Espessura	1970 x 995 x (85+22) mm
Área Total	1,96 m ²
Área de Abertura	1,88 m ²
Nº células	72
Peso	50 kg.
Vidrio Frontal	8,2 mm. temperado
Estrutura	Alumínio
Proteção de Caixa de Conex.	IP65
Nº Diodos	8 diodos
Dimensões de célula	156 x 156
Tipo de conexão FV / Comprim. cabos	Solarlok PV4 / 1m

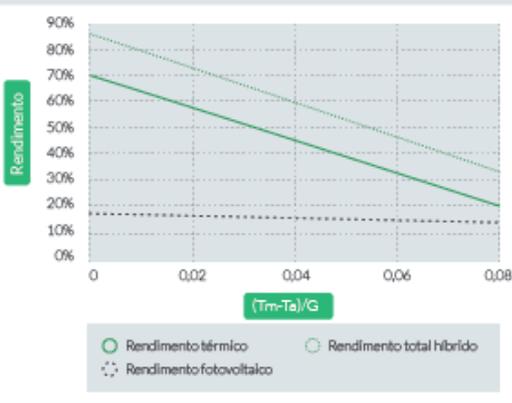
Especificações Eléctricas

Condições de teste standard STC: AM 1,5, Irradiación 1000 W/m², temperatura da célula 25 °C.

Tipo de célula	Monocristalina
Potência Nominal (W)	850 W
Tensão Máxima Potência (Vmpp)	89,18 V
Corrente Máxima Potência (Impp)	8,98 A
Tensão Circuito Aberto (Voc)	48,82 V
Corrente Curto Circuito (Isc)	9,78 A
Eficiência do módulo (%)	17,8
Tolerância de Potência (W)	0/+3%
Tensão Máxima do Sistema	DC 1000 V (IEC)
Backsheet	Negro
Coefficiente de temperatura de Pmpp	-0,41%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,83%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0,06%/°C
Corrente inversa máxima	15A
Temperature NOCT*	45+/-2 °C

Especificações Térmicas

Rendimento ótico	0,7
Coef. Perdas Térmicas, a1	5,98 W/m ² .K
Coef. Perdas Térmicas, a2	0,00 W/m ² .K ²
Volume líquido interior	1,78 L
Temperatura de estancamento	126 °C
Num. Conexões hidráulicas	4 conexões
Tipo Conexão hidráulica	Conexão rápida
Pressão máxima admissível	10 bar
Caudal nominal	60 L/h



Conforme as Normas de Produto:
IEC 61215 Ed2; IEC 61730-1;-2:2004;
EN 12975-1:2006 + A1:2001; EN ISO 9806:2017

Reservado o direito de modificações técnicas.
Garantia de 2 a 10 anos (consultar).

MAIS INFORMAÇÃO EN
www.abora-solar.com

Figura 92 - Ficha técnica do painel solar híbrido Ah72SK da abora [24].

Anexo 27. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE PAINÉIS SOLARES HÍBRIDOS



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Sumário																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Instalação em Rua Júlio Dinis (Porto) 24 colectores Misto sobre solar » painel de 45,12 m ² (Inclinação 28° e azimute 67°) » depósito de 2000 l, modelo BAXI AS 2000-1E			Necessidades de energia: ACS Energia útil solicitada: 178 301 kWh - satisfeitas por origem solar: 28 458 kWh 16% de fração solar - satisfeitas pelo apoio: 149 843 kWh 84%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 36% produtividade: 631 kWh/m ² perdas: 4%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Local e clima																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
NUTS II: Grande Porto		Município: Porto		Local: Rua Júlio Dinis				elevação: 62 m		obediência: 20%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
obstruções do horizonte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
azimute: E		-85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50°		NE		-40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5°				S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
altura angular:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
azimute: S		5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°		NW		50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85°				W																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
altura angular:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Configuração do sistema solar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 45,1 m ² de colectores com inclinação 28° e orientação 67°, e armazenamento de água sanitária com 2000 litros, apoio de montagem em série com controlo modulante. Circuito primário com 30 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 37 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 120 W, garantindo um caudal nominal de 30 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante. 24 colectores Misto sobre solar - certificado não disponível de desconhecido, dados inseridos por (válido até 1999-12-31). Área de abertura 1,88 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,59 W/m ² K e a2 = 0,001 W/m ² K ² , rendimento óptico = 70%. 1 depósito de modelo BAXI AS 2000-1E, com capacidade 2000 litros, em posição ; coeficiente de perdas térmicas global = 5,0 W/K, paredes em ISOMALTADO, temperatura máxima de operação 90°C. Apoio energético fornecido por sistema eléctrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%. Água quente distribuída por tubagens de calibre 22 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 10 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Necessidades de água quente (em volume)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
segunda a sexta-feira																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td></tr> <tr><td>6</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>7</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td><td>2788</td></tr> <tr><td>8</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td><td>1115</td></tr> <tr><td>9</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>10</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>11</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>12</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>13</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td></tr> <tr><td>14</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td></tr> <tr><td>15</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>16</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td></tr> <tr><td>17</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td></tr> <tr><td>18</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>19</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td><td>1593</td></tr> <tr><td>20</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td><td>1394</td></tr> <tr><td>21</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>22</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td></tr> <tr><td>23</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>total =</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td><td>9556</td></tr> </tbody> </table>														jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	6	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	7	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	8	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	9	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	12	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	13	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	14	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	15	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	17	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	19	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	20	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	21	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	22	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	23	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	total =	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
6	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
7	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788	2788																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
8	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1115																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
9	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
12	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
14	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
15	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
17	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
19	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593	1593																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
20	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394	1394																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
21	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
22	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
23	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
total =	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556	9556																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
fim-de-semana																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td></tr> <tr><td>5</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>6</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>7</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td><td>1553</td></tr> <tr><td>8</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td><td>836</td></tr> <tr><td>9</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td></tr> <tr><td>10</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>11</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>12</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td><td>239</td></tr> <tr><td>13</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td><td>438</td></tr> <tr><td>14</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>15</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td><td>199</td></tr> <tr><td>16</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td><td>119</td></tr> <tr><td>17</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>18</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>19</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td><td>2549</td></tr> <tr><td>20</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td><td>398</td></tr> <tr><td>21</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td></tr> <tr><td>22</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td><td>358</td></tr> <tr><td>23</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td><td>797</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>total =</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td><td>9554</td></tr> </tbody> </table>														jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	5	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	6	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	7	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	8	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	9	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	12	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	13	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	14	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	15	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	17	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	19	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	20	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	21	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	22	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	23	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	total =	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
4	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
5	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
6	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
7	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553	1553																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
8	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
9	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
11	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
12	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
14	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
15	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
16	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
17	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
18	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
19	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
20	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
21	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
22	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
23	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
total =	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554	9554																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2
Aproveitamento do recurso solar													
radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,1	1,8	2,7	3,3	3,9	4,7	5,1	4,6	3,6	1,9	1,3	0,8	2,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	0,9	1,4	2,1	2,6	3,1	3,8	4,0	3,7	2,9	1,6	1,1	0,7	2,8 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	3,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,1	3,1	4,4	5,5	6,3	7,1	7,2	6,5	5,3	3,5	2,4	1,6	4,6 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,5	3,5	4,3	5,0	5,6	5,7	5,2	4,2	2,8	1,9	1,3	3,6 kWh/m ² .dia
Desempenho energético													
temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	10	11	13	14	17	20	22	22	21	17	14	12	16 °C
abastecimento de água	13	14	14	15	16	18	19	19	18	17	15	14	16 °C
base do armazenamento	44	38	33	30	31	28	27	34	35	33	37	41	34 °C
topo do armazenamento	51	51	52	53	60	63	66	60	55	50	50	45	55 °C
pretendida no consumo	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60 °C
meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária (eletricidade via SEP)	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555	9 555 litros/dia
extraída do armazenamento	204	457	945	1 355	1 638	2 212	2 292	2 057	1 512	754	364	168	1 162 litros/dia
nota: adicionada	9 352	9 098	8 610	8 200	7 917	7 343	7 264	7 539	8 044	8 802	9 191	9 387	8 394 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
nota: radiação solar na horizontal	3 497	3 488	5 813	7 300	9 058	10 015	10 450	9 120	6 756	4 446	2 811	1 956	75 709 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	2 909	3 934	6 219	7 401	8 872	9 633	10 137	9 148	7 174	4 863	3 258	2 262	75 811 kWh
energia solar captada	519	1 042	2 162	3 379	3 492	4 168	4 610	3 708	2 814	1 709	833	361	28 858 kWh
perdas térmicas no circuito primário	6	9	12	14	16	16	16	17	14	11	8	5	144 kWh
perdas térmicas no armazenamento	103	83	83	85	103	107	112	106	90	85	86	88	1 132 kWh
consumos eléctricos parasíticos	10	16	25	31	36	44	44	35	27	25	16	8	318 kWh
energia final (calor de origem solar)	448	919	2 007	2 625	3 481	4 245	4 607	3 715	2 745	1 546	713	301	27 411 kWh
- sistema de apoio	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária (eletricidade via SEP)	39 349	33 973	33 910	30 129	27 787	22 455	21 523	23 585	26 992	33 584	35 906	39 053	368 246 kWh
energia final (calor)	15 740	13 589	13 564	12 052	11 115	8 942	8 609	9 434	10 707	13 434	14 342	15 621	147 296 kWh
- circuito de distribuição	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
perdas térmicas	8	7	7	6	6	5	5	5	6	7	7	8	77 kWh
- fornecimento de água quente	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
necessidades (consumo de energia útil)	16 153	14 418	15 678	14 961	15 065	13 999	14 062	14 124	13 898	14 943	15 054	15 918	178 901 kWh
energia de origem solar (útil)	447	913	2 021	2 668	3 593	4 507	4 947	3 991	2 817	1 543	712	301	28 458 kWh
energia com origem no apoio (útil)	15 704	13 505	13 657	12 294	11 473	9 492	9 145	10 133	11 081	13 400	14 342	15 618	149 843 kWh
Desempenho global do sistema													
fração solar	16% em termos de energia útil												(*)
produtividade	631 kWh/m ² de colector												▲ III
La	61% de produtividade limite dos colectores, 1034 kWh/m ²												▲
rendimento - definição física	30% em relação à energia solar no plano dos colectores												▲
rendimento - definição estatística	33% em relação à energia solar na horizontal												▲
perdas térmicas e consumos parasíticos	0% de energia solar captada												▲
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.													
23/06/2023 10:04 software SCE.ER - versão 1.7.0													

Figura 93 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares híbridos, contribuição solar.

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																																																																																																																																																																																																															
Sumário																																																																																																																																																																																																															
Instalação em Rua João Dinis (Porto) 47,0 m ² de módulos Mistó sobre montagem fixa com inclinação 28° e orientação 67°. Potência: 8,4 kW (nominal)																																																																																																																																																																																																															
energia solar incidente: 76 395 kWh/ano produção fotovoltaica potencial (DC): 12 857 kWh/ano perdas de sistema (DC): -345 kWh/ano perdas e consumos parasíticos (AC): -436 kWh/ano produção (AC): 11 700 kWh/ano autoconsumo (AC): 11 700 kWh/ano				Índices de desempenho produtividade técnica: 1391 kWh/kW instalado aproveitado: 1393 kWh/kW instalado rendimento relativo: 89% (performance ratio) i.e. 15% da energia incidente necessidades cobertas: 13%																																																																																																																																																																																																											
Local e clima																																																																																																																																																																																																															
NUTS III: Grande Porto			Município: Porto			Local: Rua João Dinis			elevação: Grande Porto m albedo: 5%																																																																																																																																																																																																						
obstruções do horizonte																																																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">azimute:</td> <td style="width: 5%;">E</td> <td style="width: 5%;">-85°</td> <td style="width: 5%;">-80°</td> <td style="width: 5%;">-75°</td> <td style="width: 5%;">-70°</td> <td style="width: 5%;">-65°</td> <td style="width: 5%;">-60°</td> <td style="width: 5%;">-55°</td> <td style="width: 5%;">-50°</td> <td style="width: 5%;">NE</td> <td style="width: 5%;">-40°</td> <td style="width: 5%;">-35°</td> <td style="width: 5%;">-30°</td> <td style="width: 5%;">-25°</td> <td style="width: 5%;">-20°</td> <td style="width: 5%;">-15°</td> <td style="width: 5%;">-10°</td> <td style="width: 5%;">-5°</td> <td style="width: 5%;">S</td> </tr> <tr> <td>altura angular:</td> <td>3</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">azimute:</td> <td style="width: 5%;">S</td> <td style="width: 5%;">5°</td> <td style="width: 5%;">10°</td> <td style="width: 5%;">15°</td> <td style="width: 5%;">20°</td> <td style="width: 5%;">25°</td> <td style="width: 5%;">30°</td> <td style="width: 5%;">35°</td> <td style="width: 5%;">40°</td> <td style="width: 5%;">NW</td> <td style="width: 5%;">50°</td> <td style="width: 5%;">55°</td> <td style="width: 5%;">60°</td> <td style="width: 5%;">65°</td> <td style="width: 5%;">70°</td> <td style="width: 5%;">75°</td> <td style="width: 5%;">80°</td> <td style="width: 5%;">85°</td> <td style="width: 5%;">W</td> </tr> <tr> <td>altura angular:</td> <td>3</td> </tr> </table>													azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S	altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W	altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																																																																																																																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S																																																																																																																																																																																												
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																												
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W																																																																																																																																																																																												
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																																																																																																																																																																																												
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																																																																																																																																																																																																															
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 24 módulos Mistó sobre (47,0 m ²) com inclinação 28° e orientação 67°. Potência nominal da instalação 8,4 kW; módulos organizados em 4 fileiras (strings). A tensão máxima é 150 V. Degradação média do rendimento dos módulos: 0,6% por ano (Informação não utilizada em cálculos). Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos. Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais. Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias. Bloco de Inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia). Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos. Sem baterias. Sistema explorado em regime de autoconsumo.																																																																																																																																																																																																															
Aproveitamento do recurso solar																																																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">radiação solar directa</td> <td style="text-align: center;">jan</td> <td style="text-align: center;">fev</td> <td style="text-align: center;">mar</td> <td style="text-align: center;">abr</td> <td style="text-align: center;">mai</td> <td style="text-align: center;">jun</td> <td style="text-align: center;">jul</td> <td style="text-align: center;">ago</td> <td style="text-align: center;">set</td> <td style="text-align: center;">out</td> <td style="text-align: center;">nov</td> <td style="text-align: center;">dez</td> <td style="text-align: center;">anual</td> </tr> <tr> <td>horizontal (à superfície)</td> <td></td> <td>3,0</td> <td>5,3</td> <td>8,7</td> <td>11,7</td> <td>14,7</td> <td>18,3</td> <td>19,1</td> <td>16,6</td> <td>12,1</td> <td>6,0</td> <td>3,7</td> <td>2,0</td> <td>10,1 kWh/m².dia</td> </tr> <tr> <td>incidente nos módulos</td> <td></td> <td>3,9</td> <td>6,4</td> <td>9,5</td> <td>11,8</td> <td>14,2</td> <td>17,1</td> <td>18,2</td> <td>16,4</td> <td>12,9</td> <td>6,9</td> <td>4,7</td> <td>2,7</td> <td>10,4 kWh/m².dia</td> </tr> <tr> <td>absorvida pelos módulos</td> <td></td> <td>3,8</td> <td>6,2</td> <td>9,3</td> <td>11,6</td> <td>13,9</td> <td>16,8</td> <td>17,9</td> <td>16,1</td> <td>12,7</td> <td>6,7</td> <td>4,5</td> <td>2,6</td> <td>10,2 kWh/m².dia</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">radiação solar global</td> <td style="text-align: center;">jan</td> <td style="text-align: center;">fev</td> <td style="text-align: center;">mar</td> <td style="text-align: center;">abr</td> <td style="text-align: center;">mai</td> <td style="text-align: center;">jun</td> <td style="text-align: center;">jul</td> <td style="text-align: center;">ago</td> <td style="text-align: center;">set</td> <td style="text-align: center;">out</td> <td style="text-align: center;">nov</td> <td style="text-align: center;">dez</td> <td style="text-align: center;">anual</td> </tr> <tr> <td>no topo da atmosfera</td> <td></td> <td>14,6</td> <td>20,0</td> <td>27,3</td> <td>34,6</td> <td>39,7</td> <td>41,7</td> <td>40,6</td> <td>36,3</td> <td>29,8</td> <td>22,4</td> <td>16,0</td> <td>13,0</td> <td>28,0 kWh/m².dia</td> </tr> <tr> <td>na horizontal (à superfície)</td> <td></td> <td>6,4</td> <td>9,9</td> <td>15,0</td> <td>19,4</td> <td>23,3</td> <td>26,6</td> <td>26,9</td> <td>23,5</td> <td>18,0</td> <td>11,4</td> <td>7,5</td> <td>5,0</td> <td>16,1 kWh/m².dia</td> </tr> <tr> <td>incidente nos módulos</td> <td></td> <td>7,5</td> <td>11,2</td> <td>16,0</td> <td>19,7</td> <td>22,8</td> <td>25,6</td> <td>26,1</td> <td>23,5</td> <td>19,1</td> <td>12,5</td> <td>8,7</td> <td>5,8</td> <td>16,5 kWh/m².dia</td> </tr> <tr> <td>absorvida pelos módulos</td> <td></td> <td>7,1</td> <td>10,8</td> <td>15,4</td> <td>19,1</td> <td>22,1</td> <td>24,8</td> <td>25,3</td> <td>22,9</td> <td>18,5</td> <td>12,0</td> <td>8,3</td> <td>5,5</td> <td>16,0 kWh/m².dia</td> </tr> </table>													radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	horizontal (à superfície)		3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,1	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1 kWh/m ² .dia	incidente nos módulos		3,9	6,4	9,5	11,8	14,2	17,1	18,2	16,4	12,9	6,9	4,7	2,7	10,4 kWh/m ² .dia	absorvida pelos módulos		3,8	6,2	9,3	11,6	13,9	16,8	17,9	16,1	12,7	6,7	4,5	2,6	10,2 kWh/m ² .dia	radiação solar global		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	no topo da atmosfera		14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0 kWh/m ² .dia	na horizontal (à superfície)		6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1 kWh/m ² .dia	incidente nos módulos		7,5	11,2	16,0	19,7	22,8	25,6	26,1	23,5	19,1	12,5	8,7	5,8	16,5 kWh/m ² .dia	absorvida pelos módulos		7,1	10,8	15,4	19,1	22,1	24,8	25,3	22,9	18,5	12,0	8,3	5,5	16,0 kWh/m ² .dia																																																												
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual																																																																																																																																																																																																	
horizontal (à superfície)		3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,1	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
incidente nos módulos		3,9	6,4	9,5	11,8	14,2	17,1	18,2	16,4	12,9	6,9	4,7	2,7	10,4 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
absorvida pelos módulos		3,8	6,2	9,3	11,6	13,9	16,8	17,9	16,1	12,7	6,7	4,5	2,6	10,2 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
radiação solar global		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual																																																																																																																																																																																																	
no topo da atmosfera		14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
na horizontal (à superfície)		6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
incidente nos módulos		7,5	11,2	16,0	19,7	22,8	25,6	26,1	23,5	19,1	12,5	8,7	5,8	16,5 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
absorvida pelos módulos		7,1	10,8	15,4	19,1	22,1	24,8	25,3	22,9	18,5	12,0	8,3	5,5	16,0 kWh/m ² .dia																																																																																																																																																																																																	
Desempenho energético																																																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">temperatura</td> <td style="text-align: center;">jan</td> <td style="text-align: center;">fev</td> <td style="text-align: center;">mar</td> <td style="text-align: center;">abr</td> <td style="text-align: center;">mai</td> <td style="text-align: center;">jun</td> <td style="text-align: center;">jul</td> <td style="text-align: center;">ago</td> <td style="text-align: center;">set</td> <td style="text-align: center;">out</td> <td style="text-align: center;">nov</td> <td style="text-align: center;">dez</td> <td style="text-align: center;">anual</td> </tr> <tr> <td>ambiente (média diária)</td> <td></td> <td>10</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>17</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>22</td> <td>21</td> <td>17</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>16 °C</td> </tr> <tr> <td>nos módulos (média diurna)</td> <td></td> <td>29</td> <td>30</td> <td>34</td> <td>34</td> <td>36</td> <td>41</td> <td>44</td> <td>49</td> <td>48</td> <td>42</td> <td>38</td> <td>32</td> <td>38 °C</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">energia</td> <td style="text-align: center;">jan</td> <td style="text-align: center;">fev</td> <td style="text-align: center;">mar</td> <td style="text-align: center;">abr</td> <td style="text-align: center;">mai</td> <td style="text-align: center;">jun</td> <td style="text-align: center;">jul</td> <td style="text-align: center;">ago</td> <td style="text-align: center;">set</td> <td style="text-align: center;">out</td> <td style="text-align: center;">nov</td> <td style="text-align: center;">dez</td> <td style="text-align: center;">anual</td> </tr> <tr> <td>radiação solar incidente</td> <td></td> <td>2 895</td> <td>3 939</td> <td>6 257</td> <td>7 474</td> <td>8 958</td> <td>9 739</td> <td>10 258</td> <td>9 296</td> <td>7 245</td> <td>4 835</td> <td>3 247</td> <td>2 242</td> <td>76 995 kWh</td> </tr> <tr> <td>produção fotovoltaica (DC)</td> <td></td> <td>501</td> <td>681</td> <td>1 076</td> <td>1 279</td> <td>1 515</td> <td>1 676</td> <td>1 689</td> <td>1 527</td> <td>1 206</td> <td>827</td> <td>557</td> <td>379</td> <td>12 857 kWh</td> </tr> <tr> <td>perdas do sistema (DC)</td> <td></td> <td>-13</td> <td>-18</td> <td>-29</td> <td>-34</td> <td>-41</td> <td>-45</td> <td>-45</td> <td>-41</td> <td>-32</td> <td>-32</td> <td>-15</td> <td>-10</td> <td>-345 kWh</td> </tr> <tr> <td>consumos parasíticos (AC)</td> <td></td> <td>0</td> <td>0 kWh</td> </tr> <tr> <td>outras perdas (AC)</td> <td></td> <td>-17</td> <td>-23</td> <td>-36</td> <td>-43</td> <td>-51</td> <td>-57</td> <td>-57</td> <td>-52</td> <td>-41</td> <td>-28</td> <td>-19</td> <td>-13</td> <td>-436 kWh</td> </tr> <tr> <td>produção disponível (AC)</td> <td></td> <td>456</td> <td>620</td> <td>979</td> <td>1 163</td> <td>1 378</td> <td>1 525</td> <td>1 537</td> <td>1 390</td> <td>1 097</td> <td>753</td> <td>507</td> <td>345</td> <td>11 700 kWh</td> </tr> <tr> <td>necessidades do edifício (AC)</td> <td></td> <td>7 440</td> <td>6 720</td> <td>7 440</td> <td>7 200</td> <td>7 440</td> <td>7 440</td> <td>7 440</td> <td>7 440</td> <td>7 200</td> <td>7 440</td> <td>7 200</td> <td>7 440</td> <td>87 600 kWh</td> </tr> <tr> <td>autoconsumo (AC)</td> <td></td> <td>456</td> <td>620</td> <td>979</td> <td>1 163</td> <td>1 378</td> <td>1 476</td> <td>1 537</td> <td>1 390</td> <td>1 097</td> <td>753</td> <td>507</td> <td>345</td> <td>11 700 kWh</td> </tr> <tr> <td>acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)</td> <td></td> <td>0</td> <td>0 kWh</td> </tr> </table>													temperatura		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	ambiente (média diária)		10	11	13	14	17	20	22	22	21	17	14	12	16 °C	nos módulos (média diurna)		29	30	34	34	36	41	44	49	48	42	38	32	38 °C	energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	radiação solar incidente		2 895	3 939	6 257	7 474	8 958	9 739	10 258	9 296	7 245	4 835	3 247	2 242	76 995 kWh	produção fotovoltaica (DC)		501	681	1 076	1 279	1 515	1 676	1 689	1 527	1 206	827	557	379	12 857 kWh	perdas do sistema (DC)		-13	-18	-29	-34	-41	-45	-45	-41	-32	-32	-15	-10	-345 kWh	consumos parasíticos (AC)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh	outras perdas (AC)		-17	-23	-36	-43	-51	-57	-57	-52	-41	-28	-19	-13	-436 kWh	produção disponível (AC)		456	620	979	1 163	1 378	1 525	1 537	1 390	1 097	753	507	345	11 700 kWh	necessidades do edifício (AC)		7 440	6 720	7 440	7 200	7 440	7 440	7 440	7 440	7 200	7 440	7 200	7 440	87 600 kWh	autoconsumo (AC)		456	620	979	1 163	1 378	1 476	1 537	1 390	1 097	753	507	345	11 700 kWh	acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
temperatura		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual																																																																																																																																																																																																	
ambiente (média diária)		10	11	13	14	17	20	22	22	21	17	14	12	16 °C																																																																																																																																																																																																	
nos módulos (média diurna)		29	30	34	34	36	41	44	49	48	42	38	32	38 °C																																																																																																																																																																																																	
energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual																																																																																																																																																																																																	
radiação solar incidente		2 895	3 939	6 257	7 474	8 958	9 739	10 258	9 296	7 245	4 835	3 247	2 242	76 995 kWh																																																																																																																																																																																																	
produção fotovoltaica (DC)		501	681	1 076	1 279	1 515	1 676	1 689	1 527	1 206	827	557	379	12 857 kWh																																																																																																																																																																																																	
perdas do sistema (DC)		-13	-18	-29	-34	-41	-45	-45	-41	-32	-32	-15	-10	-345 kWh																																																																																																																																																																																																	
consumos parasíticos (AC)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh																																																																																																																																																																																																	
outras perdas (AC)		-17	-23	-36	-43	-51	-57	-57	-52	-41	-28	-19	-13	-436 kWh																																																																																																																																																																																																	
produção disponível (AC)		456	620	979	1 163	1 378	1 525	1 537	1 390	1 097	753	507	345	11 700 kWh																																																																																																																																																																																																	
necessidades do edifício (AC)		7 440	6 720	7 440	7 200	7 440	7 440	7 440	7 440	7 200	7 440	7 200	7 440	87 600 kWh																																																																																																																																																																																																	
autoconsumo (AC)		456	620	979	1 163	1 378	1 476	1 537	1 390	1 097	753	507	345	11 700 kWh																																																																																																																																																																																																	
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh																																																																																																																																																																																																	
Avaliação do desempenho																																																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">rendimento global:</td> <td style="width: 20%;">15% da energia incidente</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">▲</td> <td style="width: 30%;">produtividade técnica:</td> <td style="width: 10%;">1391 kWh/kW instalado</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">▲</td> </tr> <tr> <td>rendimento relativo:</td> <td>89% (performance ratio)</td> <td style="text-align: right;">▲</td> <td>i.e.</td> <td>248 kWh/m² instalado</td> <td style="text-align: right;">▲</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>exploração real:</td> <td>1393 kWh/kW instalado</td> <td style="text-align: right;">▲</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>i.e.</td> <td>249 kWh/m² instalado</td> <td style="text-align: right;">▲</td> </tr> </table>													rendimento global:	15% da energia incidente	▲	produtividade técnica:	1391 kWh/kW instalado	▲	rendimento relativo:	89% (performance ratio)	▲	i.e.	248 kWh/m ² instalado	▲				exploração real:	1393 kWh/kW instalado	▲				i.e.	249 kWh/m ² instalado	▲																																																																																																																																																																											
rendimento global:	15% da energia incidente	▲	produtividade técnica:	1391 kWh/kW instalado	▲																																																																																																																																																																																																										
rendimento relativo:	89% (performance ratio)	▲	i.e.	248 kWh/m ² instalado	▲																																																																																																																																																																																																										
			exploração real:	1393 kWh/kW instalado	▲																																																																																																																																																																																																										
			i.e.	249 kWh/m ² instalado	▲																																																																																																																																																																																																										
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																																																																																																																																																																																																															
Potência do sistema: 8,4 kW — deve ser menor que a potência contratada 11 700 kWh < 87 600 kWh [produção anual < consumo anual] Passível de remuneração: 0 kWh																																																																																																																																																																																																															

Figura 94 - Relatório da simulação efetuada no SCE.ER do sistema de painéis solares híbridos, contribuição fotovoltaica.

Anexo 28. BOMBA DA GRUNDFOS

	
<p>Nome empresa: Criado por: Telefone:</p>	
<p>Data: 22/09/2023</p>	
Quantid.	Descrição
1	<p>CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE</p>  <p>Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p>Código: 96515558</p> <p>Bomba centrífuga vertical multicelular com orifícios de aspiração e descarga no mesmo nível (inline). A cabeça da bomba e a base são em ferro fundido - todas as outras peças imersas no líquido são em aço inoxidável. A transmissão de potência realiza-se através de um acoplamento bipartido. A bomba está equipada com um motor assíncrono auto-ventilado de 3 fase(s), montado numa base.</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Propileno glicol Gama de temperatura do líquido: -20 .. 120 °C Concentração: 25 % Temperatura do líquido durante operação: 0 °C Densidade: 1031 kg/m³ Viscosidade cinemática: 5.4 mm²/seg</p> <p>Técnicos: Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 2873 rpm Caudal efectivo calculado: 0.24 m³/h Altura manométrica resultante da bomba: 30 m Orientação da bomba: Vertical Arranjo do empanque de veio: Single Código de empanque do veio: HQQE Aprovações: CE,EAC,UKCA,SEPRO Aprovações para água potável: WRAS,ACS Curva de tolerância: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materiais: Base: Cast iron EN 1561 EN-GJL-200 ASTM A48-25B Impulsor: Stainless steel EN 1.4301 Qualidade do material do impulsor: AISI 304 Rolamento: SIC</p> <p>Instalação: Temperatura ambiente máxima: 60 °C Pressão máx. de funcionamento: 16 bar Pressão máx. à temp. indicada: 16 bar / 120 °C 16 bar / -20 °C Tipo de conexão: Oval / Rp Dimensão da conexão de entrada: 1 inch Dimensão da conexão de saída: 1 inch Nível de pressão para conexão: PN 16 Dimensão de flange para motor: FT85</p>

Figura 95 - Ficha técnica da bomba CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE da Grundfos [28].

Anexo 29. LISTA DE COMPONENTES DA SOLUÇÃO 1

Tabela 91 - Lista de componentes e respetivo custo da solução 1 [24], [27].

Solução 1			
Produto	PVP Unitário	Quantidade	PVP Final
Painel aH72SK	697.00 €	24	16728.00 €
Estrutura para 6 painéis	858.15 €	4	3432.60 €
Kit de conexão para 6 painéis	570.57 €	4	2282.28 €
Solar PV BOX (2 entradas)	4685.00 €	2	9370.00 €
Kit cabos cc de ligação rápida	48.00 €	2	96.00 €
CR 1S-9 A-A-A-E-H-QQE (Bomba centrífuga Grundfos)	1353.00 €	1	1353.00 €
Vaso de expansão VASOFLEX solar N802,5	276.00 €	2	552.00 €
Purgadores automáticos Flexvent Super	88.00 €	4	352.00 €
Válvula de segurança	18.00 €	4	72.00 €
Central de regulação CS10	289.00 €	1	289.00 €
Anticongelante 5L	115.62 €	2	231.24 €
Anticongelante 20L	454.56 €	4	1818.24 €
Energy meter	665.00 €	1	665.00 €
Unidade exterior EMR16AB	15885.00 €	1	15885.00 €
Unidade interior EKHBRD014ADV17 (Monofásica)	6520.00 €	4	26080.00 €
Placa digital I/O PCB	190.00 €	1	190.00 €
Placa Gateway ModBUS	420.00 €	4	1680.00 €
Sonda AQS Centralizado	120.00 €	1	120.00 €
Kits de ligação a depósitos não <i>Daikin</i>	375.00 €	2	750.00 €
Kit recolha de condensados	30.00 €	1	30.00 €
Outros Componentes			16395.27 €
Total			81976.36 €

Anexo 30. LISTA DE COMPONENTES DA SOLUÇÃO 2

Tabela 92 - Lista de componentes e respetivo custo da solução 2 [15].

Solução 2			
Produto	PVP Unitário	Quantidade	PVP Final
Painéis solares térmicos SOL 250	1023.00 €	20	20460.00 €
Suporte para coletores planos em telhados inclinados	319.00 €	4	1276.00 €
Suplemento	166.00 €	12	1992.00 €
Acoplamento do tipo rápido, com junta teórica	146.00 €	5	730.00 €
Peça por suplemento	70.00 €	12	840.00 €
CR 1S-9 A-A-A-E-H-QQE (Bomba centrífuga <i>Grundfos</i>)	1353.00 €	1	1353.00 €
Vaso de expansão VASOFLEX solar N802,5	276.00 €	2	552.00 €
Purgadores automáticos Flexvent Super	88.00 €	4	352.00 €
Válvula de segurança	18.00 €	4	72.00 €
Central de regulação CS10	289.00 €	1	289.00 €
Líquido solar FAC10	95.00 €	5	475.00 €
ECOTHERM PLUS WGB70 gas natural	5605.00 €	1	5605.00 €
Kit Válvulas de Fecho	258.00 €	1	258.00 e
Circulador com sinal PWM	692.00 €	1	692.00 €
Kit terminal para saída Horizontal	329.00 €	1	329.00 €
Sonda WWF	38.00 e	2	76.00 €
Neutralização de condensados	436.00 €	1	436.00 €
Outros Componentes			7157.40 €
Total			428944.40 €

Anexo 31. CALDEIRA EcoTHERM PLUS WGB 50



EcoTherm Plus WGB

Robustez: corpo de caldeira formado por elementos de fundição Alumínio-Silício e queimador de pré-mistura com ignição eletrónica.

Regulação Multilevel Plus com possibilidade de telegestão. Gestão até 15 caldeiras em cascata através da regulação base.

Acessórios incluídos nos modelos de 28 e 38 kW: circulador de aquecimento de alta eficiência, válvula de segurança e manómetro analógico.

Dimensões compactas para facilitar a instalação em cascata: largura comum de 48 cm em toda a gama.

Baixas emissões contaminantes: Classe 6.

Rácio de modulação 1:4 para um funcionamento mais eficiente, fiável e silencioso.

Ampla gama de acessórios de regulação: para gestão de caldeiras em cascata ou instalações de alta ou baixa temperatura. Ver apartado Regulação Multilevel, capítulo Termóstatos e Regulação.

		28	38	50	70	90	110
Potência útil 80/60°C (min-max)	kW	5,4 - 27,2	8,7 - 37,0	9,7 - 48,7	16,5 - 68,1	19,4 - 87,7	24,3 - 107,0
Potência útil 50/30°C (min-max)	kW	6,0 - 29,2	9,7 - 39,6	10,8 - 52,1	18,3 - 72,9	21,4 - 93,4	26,7 - 114,3
Classe eficiência Aquecimento	A	A	A	A	A	-	-
Rendimento útil (1) carga 30%	%	106,4%	105,6%	107,3%	108,1%	107,8%	107,7%
Rendimento útil (2) carga 100%	%	99,3%	99,3%	99,3%	99,3%	99,3%	99,4%
Peso líquido aproximado	kg	53	53	61	72	84	84
Comprimento máx. conduta concêntrica (3)	m	20	11	25	14	10	8
Comprimento máx. conduta simples (4)	m	30	20	23	23	20	20
Capacidade água	l	3,6	3,6	4,7	5,8	7,8	7,8
Pressão máxima trabalho	bar	4	4	6	6	6	6
Tipo gás (5)	GN/GP/GB	GN/GP/GB	GN/GP/GB	GN/GP/GB	GN/GP/GB	GN/GP/GB	GN/GP/GB
Caudal mássico fumos min/máx	kg/h	8,6 - 49,7	14,4 - 67,3	21,2 - 84,6	30,2 - 123,8	35,3 - 127	44,3 - 194,7
Pressão disponível saída fumos	mbar	-	-	1,1	1,1	1,5	1,8
Resistência hidráulica ΔT=20K/10K	m.c.a	-	-	0,46/1,7	0,82/3,19	0,95/4,21	1,48/6,38
Consumo gás natural à pot* nominal	m³/h	0,59 - 3,0	0,95 - 4,0	1,27 - 5,30	1,80 - 7,40	2,12 - 9,50	2,65 - 11,60
Consumo gás propano à pot* nominal	kg/h	0,44 - 2,18	0,70 - 2,95	0,93 - 3,89	1,55 - 5,44	2,33 - 6,99	2,72 - 8,55
Consumo máx. energia elétrica	W	104	122	83	108	160	196
Pressão alimentação gás natural	mbar	20					
Pressão alimentação gás propano/butano	mbar	37 / 30					
Ligação gás		3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"
Ligações Ida e Retorno HV-HR		1"	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Ligação condensados KA	mm	25	25	25	25	25	25
Ø conduta concêntrica evacuação fumos	mm	80/125	80/125	110/160	110/160	110/160	110/160
A	mm	402	402	447	542	585	585
B	mm	167	167	168	168	163	163
C	mm	130	130	132	132	152	152
Referência GN (6)		7224489	7224490	222995024	222995025	7504270	222995026
Referência GP/GB (6)		7678410	7678411	7678412	7678413	7678414	7678415
Preço		2.990 €	3.330 €	4.391 €	5.605 €	6.737 €	7.158 €
Fornecimento		Num só volume. Inclui sensor exterior					

- (1) Temperatura ida/retorno 40/30°C. Temp. média = 35°C.
- (2) Temperatura ida/retorno 70/50°C. Temp. média = 60°C.
- (3) Se a conduta for horizontal, o comprimento máximo reduz-se a 5 m para todos os modelos.
- (4) Comprimento máximo horizontal 3 m. Aspiração na sala.
- (5) Fornecem-se preparadas para gás natural. Para utilização com gás propano ou gás butano, é necessário solicitar a referência específica para aqueles tipos de gás (GP/GB).
- (6) Fornecem-se sem kit de evacuação. Ver apartado Acessórios de evacuação para caldeiras de condensação, deste capítulo.

Funções da regulação **Multilevel** (incluída de série)
Mediante 3 saídas (230 V) programáveis, permite a gestão de 1 circuito de AQS e/ou circuitos diretos de aquecimento/bomba recirculação (um por saída). Permite ainda a configuração de sinais de alarme (através das saídas programáveis não ocupadas ou por módulos EWM adicionais), entradas de sensor, sinais GN/OFF e Arranque/Paragem, todas programáveis e entrada 0-10 V. Inclui função antihielena, recirculação e três programas horários. Ampliação de funções mediante um máximo de 2 módulos EWM internos (sinais de alarme, circuitos diretos, circuitos com válvula misturadora, etc.)

Figura 96 - Ficha técnica caldeira EcoTherm Plus WGB [15].

Anexo 32. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ANUAIS DE AQS

Tabela 93 - Cálculo das necessidades anuais de AQS.

Mês	Número de dias	Temperatura da água da rede [°C]	Consumo Diário a 60 °C [L]	Necessidades mensais de AQS [kWh/mês]
Janeiro	31	13	9558	16196.72
Fevereiro	28	14	9558	14318.03
Março	31	14	9558	15852.11
Abril	30	15	9558	15007.25
Maio	31	16	9558	15162.89
Junho	30	18	9558	14006.77
Julho	31	19	9558	14129.05
Agosto	31	19	9558	14129.05
Setembro	30	18	9558	14006.77
Outubro	31	17	9558	14818.28
Novembro	30	15	9558	15007.25
Dezembro	31	14	9558	15852.11
Necessidades anuais [kWh/ano]				178486.28

Anexo 33. PAINEL FOTOVOLTAICO MONOCRISTALINO 365 DA BAXI

Energia Solar Fotovoltaica | Módulos fotovoltaicos



Módulo Solar Monocristalino



TECNOLOGIA INOVADORA HALF-CELL
Melhora a saída do módulo, diminui o risco de microrrotura e melhora a fiabilidade do módulo.



TECNOLOGIA INOVADORA CÉLULAS PERC
Excelente eficiência e rendimento das células.



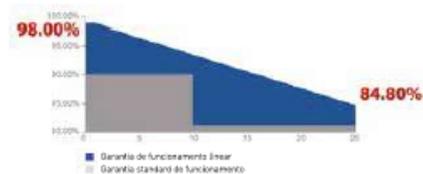
REDUZ AS PERDAS DEVIDO A SOMBRAS
Reduz efetivamente o efeito de sombra na superfície do módulo.



REDUZ AS PERDAS DE ACOPLAMENTO
Reduz as perdas por acoplamento entre módulos e melhora a saída.



RESISTÊNCIA Anti-PID
Excelente resistência PID.



365

Especificações Elétricas			
Potência Nominal	Wp	P _{NOB}	365
Corrente MPP	A	I _{MPP}	10,82
Tensão MPP	V	V _{MPP} / U _{MPP}	33,73
Tensão Circuito Aberto	V	V _{oc} / U _{oc}	40,41
Corrente Curtocircuito	A	I _{sc}	11,29
Eficiência Módulo Solar (%)			20,00
Tensão Máxima Sistema	V	IEC/UL	1500DC
Valor máxima fusível série	A	I	20
NOCT	°C		41±2
Coeficiente de temperatura			
Potência	Wp	(P _{NOB})	-0,35% / °C
Tensão (V _{oc})	V	(V _{oc})	-0,27% / °C
Corrente (I _{sc})	A	(I _{sc})	+0,050% / °C
Referência			7806521
Preço			295 €

Especificações Mecânicas	
Peso	19,8 kg
Área total	1,82 m ²
Vidro	Transparente e temperado com 3,2 mm de espessura (0,13")
Perfil	Alumínio Anodizado
Células	3 diodos
Caixa ligação	IP-68
Cabo	1200 mm comprimento e 4 mm ² de secção
Conectores	HCBAD (Compatível com MCA)
Dimensões	

Observações: Valores em condições normalizadas de prova STC, massa de ar AM 1,5G, irradiação de 1000 W/m² e temperatura da célula (25±2)°C

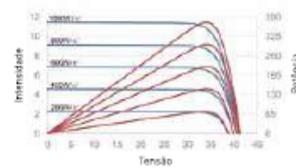
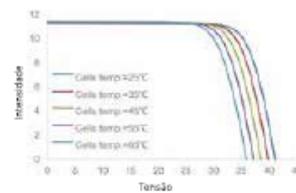
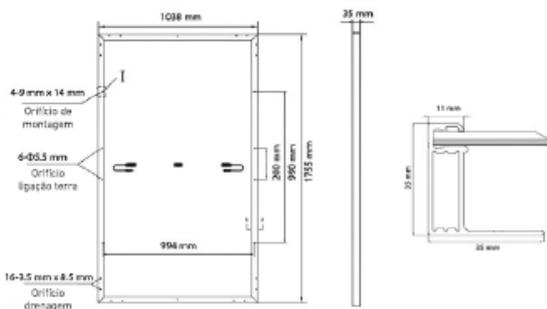


Figura 97 - Ficha técnica do módulo solar monocristalino 365 da BAXI [15].

Anexo 34. LISTA DE COMPONENTES DA MEDIDA DE MELHORIA

Tabela 94 - Lista de componentes e respetivo custo da instalação de módulos fotovoltaicos [15].

Solução 2			
Produto	PVP Unitário	Quantidade	PVP Final
<i>BAXI</i> 365 wp	295.00 €	117	34515.00 €
Módulo	204.00 e	9	1836.00 €
Suplemento	113.00 €	108	12204.00 €
Solar PV Box (10 kW)	8181.00 €	3	24543.00 €
Kit cabos cc de ligação rápida	48.00 €	9	432.00 €
Energy meter	665.00 €	1	665.00 €
Outros Componentes			14839.00 €
Total			89034.00 €