



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

João Pedro Gomes Carvalho

**SOLUÇÕES INTEGRADAS DE CLIMATIZAÇÃO E  
AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS COM  
APOIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO SETOR  
RESIDENCIAL**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, na área de Energia e Ambiente orientada pelo Professor Doutor José Carlos Miranda Góis e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2024

1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

# **SOLUÇÕES INTEGRADAS DE CLIMATIZAÇÃO E AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS COM APOIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO SETOR RESIDENCIAL**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
na Especialidade de Energia e Ambiente

## **Integrated Air Conditioning and Sanitary Water Heating Solutions with Renewable Energy Support in the Residential Sector**

**Autor**

**João Pedro Gomes Carvalho**

**Orientador**

**Professor Doutor José Carlos Miranda Góis**

**Júri**

**Presidente** Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro  
Professor da Universidade de Coimbra

**Vogais** Professor Doutor José Carlos Miranda Góis  
Professor da Universidade de Coimbra  
Professor Doutor Márcio Duarte Albino dos Santos  
Professor Convidado da Universidade de Coimbra

**Colaboração Institucional**

---



**Original**  
**Sunenergy, Lda**

**Coimbra, Julho, 2024**

## Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me auxiliaram na concretização da dissertação, designadamente:

Ao Professor Doutor José Carlos Miranda Góis, orientador, pela disponibilidade, paciência e cuidado prestado ao longo do meu trajeto académico.

A todos os docentes que ao longo dos anos me cativaram e ajudaram a adquirir conhecimentos das várias temáticas lecionadas.

Ao Engenheiro Filipe Gomes e a todos os colaboradores da empresa Original Sunenergy, Lda pelo acolhimento, disponibilidade, simpatia e auxílio prestado durante o período de estágio.

E por fim, mas não menos importante, aos meus pais pelo constante apoio psicológico, nos bons e maus momentos do trajeto académico e pelo esforço financeiro de estudar longe de casa.

A todos, o meu profundo obrigado.

## Resumo

A presente dissertação pretende ilustrar a experiência profissional adquirida no setor da climatização e produção de água quente sanitária (AQS) para habitações com recurso a energias renováveis. O estágio consistiu em atividades de dimensionamento, orçamentação, acompanhamento e manutenção de sistemas térmicos.

A empresa acolhedora foi a Original Sunenergy Lda, que atua na área das energias renováveis, especializada em sistemas fotovoltaicos, sistemas térmicos e postos de carregamento de veículos elétricos. A escolha por esta empresa, deveu-se à vontade de trabalhar em um setor que promova a sustentabilidade através de sistemas com aproveitamento de energias renováveis.

A presente dissertação descreve toda a política envolvente para sistemas térmicos no setor residencial, bem como trabalhos desenvolvidos durante o estágio, designadamente, o dimensionamento e orçamentação de um sistema de aquecimento central com bomba de calor e apresentação de outras soluções.

Na fase de dimensionamento foram utilizadas ferramentas de cálculo da empresa, neste caso, o gerador de propostas e ferramentas de cálculo externas, de marcas renomadas.

Conta, ainda, com uma descrição do acompanhamento em obra, assim como intervenções de manutenção preventiva.

Para completar a dissertação, desenvolveu-se uma análise económica e financeira entre uma caldeira a gás e bombas de calor de alta temperatura e baixa/média temperatura, consoante o seu emissor térmico.

O estágio permitiu aplicar na prática os conhecimentos obtidos durante a licenciatura e mestrado em Engenharia Mecânica, bastante enriquecedor para o aluno, que agora se considera mais preparado para o mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** Políticas Climáticas e Energéticas, Energias Renováveis, Bombas de Calor Aerotérmicas, Eficiência, Dimensionamento, Análise Económica.

## Abstract

This dissertation aims to illustrate the professional experience acquired in the air conditioning sector and production of domestic hot water (DHW) for homes using renewable energy. The internship consisted of sizing, budgeting, monitoring and maintenance activities for thermal systems.

The welcoming company was Original Sunenergy Lda, which operates in the area of renewable energy, specializing in photovoltaic systems, thermal systems and charging stations for electric vehicles. The choice for this company was due to the desire to work in a sector that promotes sustainability through systems using renewable energy.

This dissertation describes the entire policy surrounding thermal systems in the residential sector, as well as work carried out during the internship, namely, the sizing and budgeting of a central heating system with a heat pump and presentation of other solutions.

In the sizing phase, the company's calculation tools were used, in this case, the proposal generator and external calculation tools, from renowned brands.

It also includes a description of on-site monitoring, as well as preventive maintenance interventions.

To complete the dissertation, an economic and financial analysis was developed between a gas boiler and high temperature and low/medium temperature heat pumps, depending on their thermal emitter.

The internship allowed the knowledge obtained during the undergraduate and master's degree in Mechanical Engineering to be applied in practice, which is very enriching for the student, who now considers himself more prepared for the job market.

**Keywords:** Climate and Energy Policies, Renewable Energy, Aerothermal Heat Pumps, Efficiency, Sizing, Economic Analysis.

## Índice

Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tabelas .....	ix
Siglas .....	x
Siglas .....	x
1. Introdução .....	1
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Estrutura da dissertação .....	4
2. A Empresa .....	5
3. Enquadramento Legislativo e Fundo Ambiental .....	7
3.1. Política Climática da União Europeia .....	7
3.2. Política Energética da União Europeia.....	8
3.3. Desempenho Energético em Edifícios.....	10
3.4. Política Energética Portuguesa .....	12
3.5. Fundo Ambiental .....	16
4. Bomba de Calor.....	19
4.1. Princípio de Funcionamento .....	20
4.2. Funcionalidades e diferentes tipologias.....	23
4.3. Componentes do Sistema .....	26
4.3.1. Depósito/Termoacumulador de AQS .....	26
4.3.2. Depósito de Inércia.....	28
4.3.3. Elementos de Controlo e Segurança.....	28
4.3.4. Elementos de Remoção de Sujidade.....	33
4.3.5. Anticongelante.....	34
4.3.6. Emissor Térmico .....	35
4.4. Eficiência Energética.....	37
5. Sistema de Climatização e Produção de AQS .....	41
5.1. Síntese do Estágio.....	41
5.2. Soluções para um Sistema de Climatização e Produção de AQS.....	42
5.2.1. Dimensionamento e Orçamentação do Sistema de Bomba de Calor de Climatização com Aquecimento Central .....	42
5.2.2. Apresentação do Sistema de Bomba de Calor de Climatização com Piso Radiante.....	57
5.3. Manutenção de Sistemas de Climatização e Produção de AQS .....	59
5.3.1. Planos de Manutenção Preventiva.....	60
5.4. Acompanhamento de Obra .....	60
5.4.1. Acompanhamento de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores.....	60
5.4.2. Acompanhamento de uma Manutenção Preventiva .....	67
5.5. Análise económica e financeira .....	69
5.5.1. Análise Financeira .....	71

---

6. Conclusões.....	73
Referências Bibliográficas.....	74
Anexos.....	78
Anexo A - Certificado Energético de um Edifício .....	78
Anexo B - Tipologia de Obra (PAE+S) .....	79
Anexo C - Zonas Climáticas e Cálculo da Potência.....	80
Anexo D - <i>Datasheet</i> da Bomba de Calor <i>Vaillant</i> .....	82
Anexo E - Tipologia da Habitação .....	82
Anexo F - Cálculo das Perdas de Carga .....	83
Anexo G - Proposta Entregue ao Cliente.....	86
Anexo H - <i>Datasheet</i> da Bomba de Calor <i>LG</i> .....	91
Anexo I - Plano de Manutenção Preventiva .....	92
Anexo J – Preço das Bombas de Calor de Climatização .....	93
Apêndices .....	94
Apêndice A - Cálculo do Vaso de Expansão AQC .....	94
Apêndice B - Cálculo da Análise Económica .....	96
Apêndice C - Gráficos de Custo e Consumo de Energia.....	103
Apêndice D – Conceito Teórico da Análise Financeira .....	106
Apêndice E - Cálculo da Análise Financeira.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Consumo de energia global primária em 2022 (Adaptado de Rapier, 2023).....	1
Figura 1.2. Investimento em energia limpa por região ( <i>International Energy Agency</i> , 2024).....	2
Figura 1.3. Quota de energia proveniente de fontes renováveis em 2018 (Eurostat, 2021)..	3
Figura 2.1. Sede da Sunenergy. ....	5
Figura 2.2. Projeto Omya (Portefólio Sunenergy, 2024).....	6
Figura 2.3. Projeto Hospital de Santa Maria (Portefólio Sunenergy, 2024).....	6
Figura 3.1. Consumo final de energia por setor de atividade económica, no ano 2020 (DGEG, 2024). ....	11
Figura 3.2. Evolução da legislação na UE e em Portugal (ADENE, 2024). ....	12
Figura 3.3. Objetivos nacionais para 2030 (PNEC_PT_Template Final, 2023). ....	13
Figura 3.4. Relação entre objetivos nacionais e as dimensões do PNEC (PNEC_PT_Template Final, 2023). ....	14
Figura 3.5. Evolução do consumo de energia primária até 2050 (RNC 2050).....	15
Figura 4.1. Desenvolvimento de vendas por tipo de bomba de calor ( <i>European Heat Pump Market</i> , 2023). ....	20
Figura 4.2. Ciclo termodinâmico da bomba de calor (Adaptado de <i>LG</i> , 2024). ....	22
Figura 4.3. Válvula de quatro vias.....	23
Figura 4.4. (a) – Bomba de Calor de Climatização de Alta Temperatura, da marca <i>Vaillant</i> ; (b) – Bomba de Calor de Climatização de Baixa/Média temperatura, da marca <i>LG</i> . ....	24
Figura 4.5. Bomba de calor de 200L AQS, <i>Ofamat</i> : (a) – Modelo comercial; (b) – Esquema de conexões. ....	25
Figura 4.6. Termoacumulador de 300L AQS, <i>TherCa</i> : (a) – Exterior do modelo; (b) – Ilustração do interior. ....	26
Figura 4.7. (a) – Depósito higiénico da marca <i>TherCa</i> ; (b) – Depósito combinado da marca <i>BAXI</i> . ....	27
Figura 4.8. Depósito de inércia inox 100L, 4 ligações, da marca <i>Videira</i> . ....	28
Figura 4.9. Comando de regulação e controlo, da marca <i>Vaillant</i> . ....	29
Figura 4.10. Válvula motorizada de 3 vias, da marca <i>Caleffi</i> : (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.....	30
Figura 4.11. Bomba circuladora Evosta 3, da marca <i>Evosta</i> . ....	30



Figura 4.12. Válvula de corte com retenção incorporada, da marca <i>Caleffi</i> .	31
Figura 4.13. Grupo de enchimento automático, marca <i>Caleffi</i> : (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.	31
Figura 4.14. Válvula misturadora termostática, marca <i>Caleffi</i> : (a) – exterior do modelo; (b) – vista em corte.	32
Figura 4.15. Válvula de segurança, marca <i>Caleffi</i> : (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.	32
Figura 4.16. Vaso de expansão, marca <i>Reflex</i> : (a) – águas quentes sanitárias; (b) – circuito aquecimento.	33
Figura 4.17. Filtro Y, da marca <i>Caleffi</i> .	33
Figura 4.18. Separador de sujidade magnético, marca <i>Caleffi</i> : (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.	34
Figura 4.19. Líquido anticongelante, da marca <i>BAXI</i> .	34
Figura 4.20. Radiador da marca <i>BAXI</i> .	35
Figura 4.21. Piso Radiante da marca <i>Uponor</i> .	36
Figura 4.22. Ventiloinvector da marca <i>BAXI</i> .	36
Figura 4.23. Valores predefinidos de H <sub>HP</sub> e SPF para bombas de calor elétricas (Diretiva 2013/114/UE).	39
Figura 4.24. Classes de eficiência energética.	40
Figura 4.25. Etiqueta energética de aquecedores de ambiente: A) Caldeiras; B) Equipamento de Cogeração; C) Bombas de calor; D) Bombas de calor de baixa temperatura ( <i>Label Pack A+</i> , Adene).	40
Figura 4.26. Etiqueta de aquecedores combinados: A) Caldeira; B) Bomba de calor ( <i>Label Pack A+</i> , Adene).	40
Figura 5.1. Folha inicial com informações do projeto.	43
Figura 5.2. Cálculo das potências de cada divisão.	45
Figura 5.3. Potência por elemento do radiador Condal (Catálogo Tabela Condal, BAXI 2024).	46
Figura 5.4. Cálculo da potência final da habitação.	47
Figura 5.5. Cálculo do diâmetro do tubo multicamada.	48
Figura 5.6. Valores de diâmetro para as respetivas perdas de carga e velocidades.	48
Figura 5.7. Cálculo da perda de carga distribuída para D <sub>externo</sub> 32 mm no sentido de ida.	51
Figura 5.8. Cálculo da perda de carga distribuída para D <sub>externo</sub> 32 mm no sentido de retorno.	51
Figura 5.9. Perda de carga localizada para D <sub>externo</sub> 32 mm no sentido de ida e retorno.	51
Figura 5.10. Curva característica da bomba circuladora <i>Evosta 3 80/180</i> , da marca <i>Evosta</i> .	52

Figura 5.11. Coeficientes de expansão da água.....	53
Figura 5.12. Descrição e orçamentação do sistema com bomba de calor de climatização. ....	55
Figura 5.13. Esquema de princípio do projeto dimensionado. ....	56
Figura 5.14. (a) – Tubo envolvido em tiras de velcro, <i>Uponor</i> ; (b) – Pannel de fixação, <i>Uponor</i> .....	58
Figura 5.15. <i>Kits</i> coletores com o atuador e caudalímetro, marca <i>Uponor</i> . ....	58
Figura 5.16. Termóstato analógico, da marca <i>Uponor</i> . ....	59
Figura 5.17. Caldeira mural a gás, da marca <i>BAXI</i> .....	61
Figura 5.18. Fixação da bomba de calor através de sinoblocos. ....	61
Figura 5.19. Bomba de Calor <i>aroTHERM PLUS</i> , da marca <i>Vaillant</i> . ....	62
Figura 5.20. Implementação do Filtro Y e separador de sujidade magnético, da marca <i>Caleffi</i> . ....	63
Figura 5.21. Depósito AQS, <i>Ofamat</i> e depósito de inércia, <i>videira</i> . Figura 5.22. Vasos de expansão solar, AQS e AQC, marca <i>Reflex</i> . ....	63
Figura 5.23. 1-Válvula de três vias, <i>Caleffi</i> ; 2-válvulas de corte, <i>Caleffi</i> . ....	64
Figura 5.24. V. de segurança no depósito de AQS. Figura 5.25. V. de segurança no depósito de inércia.....	64
Figura 5.26. Grupo de enchimento automático, da marca <i>Ofamat</i> . ....	65
Figura 5.27. Bomba circuladora, <i>Evosta</i> . Figura 5.28. Purgador de ar, <i>Caleffi</i> . ....	65
Figura 5.29. Controlador da bomba de calor e quadro elétrico parcial. ....	66
Figura 5.30. Pressão do vaso de expansão do circuito de aquecimento. ....	67
Figura 5.31. Ânodo corroído e ferramentas. Figura 5.32. Comparação de Ânodos de magnésio.....	68
Figura 5.33. Medição do valor de pH. Figura 5.34. resultados do refratómetro. ....	68
Figura 5.35. Custo mensal do sistema caldeira a gás com radiadores.....	70
Figura 5.36. Consumo mensal do sistema caldeira a gás com radiadores. ....	70
Figura 5.37. Preços médios de Gás Natural no setor doméstico, em Portugal.....	98
Figura 5.38. Preço da energia elétrica no setor doméstico, em Portugal.....	100

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Informações adicionais dos projetos descritos. ....	6
Tabela 3.1. Metas nacionais de Portugal para 2030 (Adaptado de “PNEC_PT_Template Final, 2023”).....	13
Tabela 3.2. Tipologias de intervenção hierarquizadas (Fundo Ambiental, 2023).....	17
Tabela 5.1. Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm) (Portaria n.º 349- B/2013).....	66
Tabela 5.2. Fonte térmica e respetivo emissor para a análise económica. ....	69
Tabela 5.3. Consumo e custo anual para os diferentes sistemas. ....	69
Tabela 5.4. Poupança e redução de custo anual. ....	71
Tabela 5.5. Investimento inicial. ....	71
Tabela 5.6. Análise de resultados. ....	72
Tabela 5.7. Critério de seleção do projeto.....	107

## SIGLAS

### Siglas

AQC – Água Quente para Climatização

AQS – Água Quente Sanitária

COP – *Coefficient of Performance*

COP – *Conference of the Parties*

ERR – *Energy Efficiency Ratio*

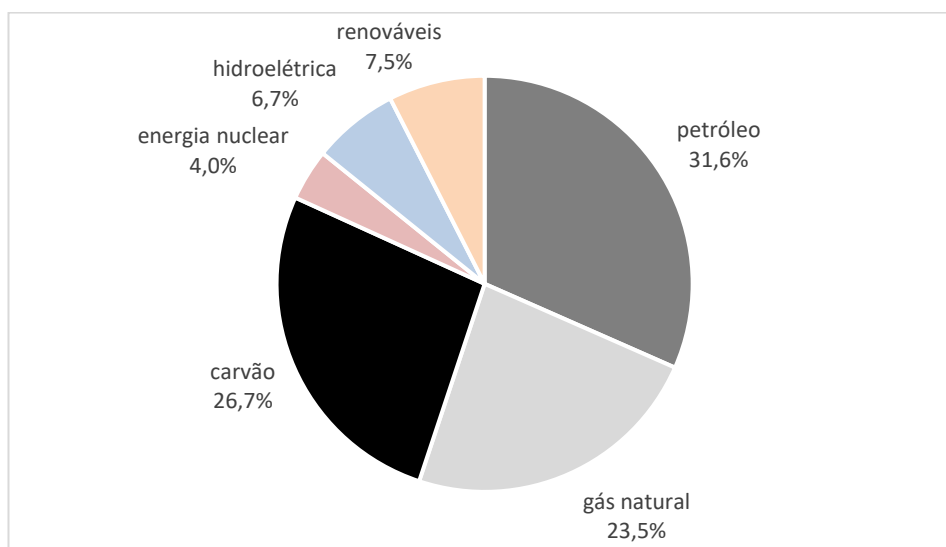
GEE – Gases de Efeito de Estufa

UE – União Europeia

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, a evolução da tecnologia tem avançado de uma forma inimaginável, criando métodos de produção em massa, com melhor qualidade e *performance*. O desenvolvimento dos meios de transporte e a melhoria das condições nos serviços, tem conduzido a uma melhoria considerável na qualidade de vida global. Porém, estas mudanças também acarretaram consequências, como a utilização massiva de energia a partir de recursos não renováveis.

Os combustíveis fósseis, como o petróleo bruto, o carvão e o gás natural correspondem a grande parte do consumo primário de energia a nível mundial. Em 2022, corresponderam a 82 % do consumo total de energia primária, como ilustra a Figura 1.1 (Rapier, 2023).



**Figura 1.1.** Consumo de energia global primária em 2022 (Adaptado de Rapier, 2023).

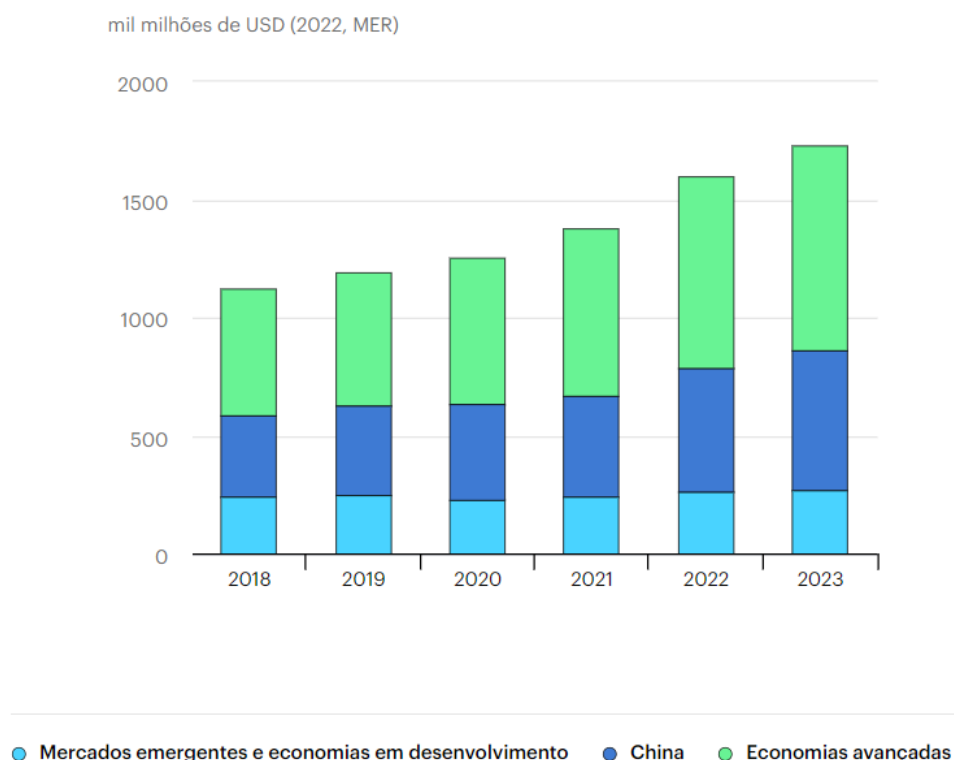
Nas últimas décadas constata-se uma maior consciência da Sociedade pelas consequências nefastas da utilização dos combustíveis fósseis, levando as organizações ambientais e os governos a procurarem, a todo o custo, medidas para diminuir o seu consumo e a procurar novas fontes de energia menos poluentes.

A produção de energia a partir dos combustíveis fósseis é responsável pela maioria das emissões de CO<sub>2</sub>, que contribuem para o efeito de estufa, conduzindo ao aquecimento global (Nações Unidas, 2024).

O acordo aprovado pela *COP 28* (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas), estabelece uma “transição” no sentido do abandono dos combustíveis fósseis até 2050. Tal decisão levará a cortes profundos nas emissões de CO<sub>2</sub>, e tem por objetivo manter o limite de aquecimento global a 1,5 °C (Worth, 2023).

Sendo a energia um dos bens mais preciosos da Sociedade, por servir de motor para o desenvolvimento da economia, como se constatou recentemente na Europa, com o aumento do preço e receio de cortes, na sequência do conflito na Ucrânia, é fundamental diversificar as fontes de energia, usar energias renováveis e aumentar a eficiência energética.

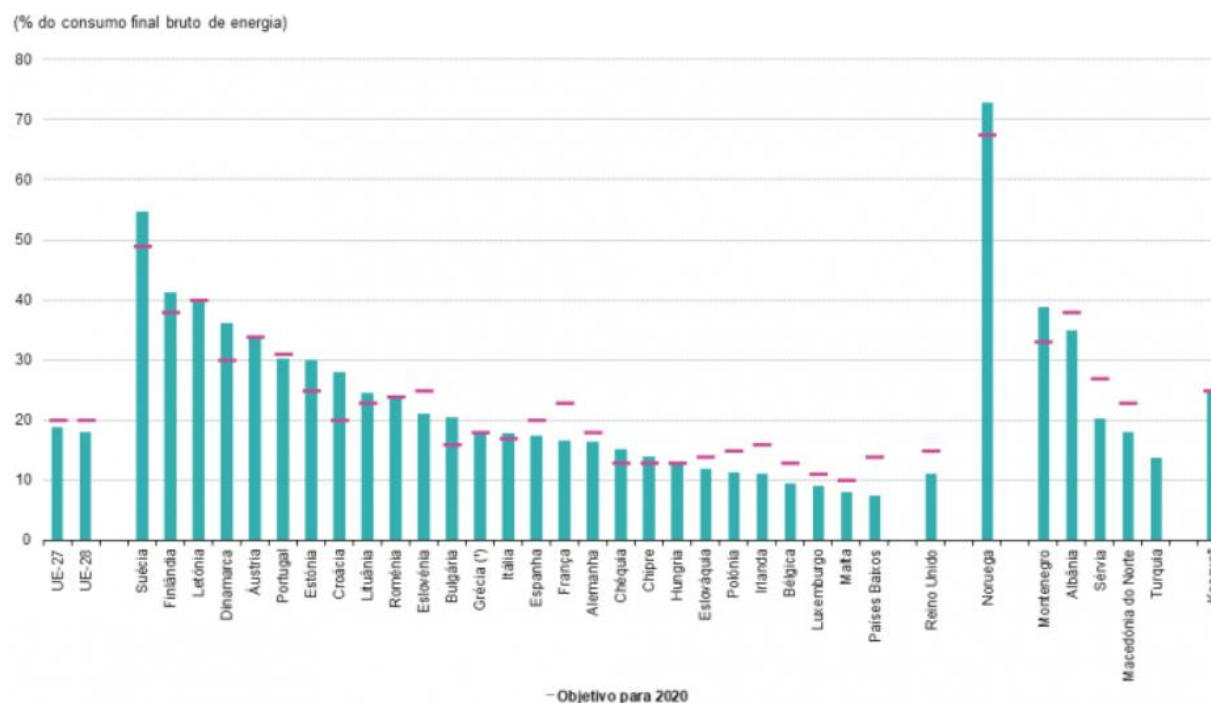
Nos últimos anos, verificou-se um aumento no investimento em energias renováveis (Figura 1.2), devido a vários países terem dado incentivos financeiros para a instalação de sistemas baseados em energias renováveis, ao custo de alguns componentes ter baixado e o rendimento dos sistemas ter aumentado. No entanto, na maior parte dos casos, a energia renovável tem ainda um custo inicial elevado.



**Figura 1.2.** Investimento em energia limpa por região (*International Energy Agency, 2024*).

A energia solar é considerada energia renovável, de forma direta por radiação solar ou de forma indireta através da bioenergia, água e vento. De salientar que é uma fonte de energia limpa e inesgotável.

A Figura 1.3 revela os objetivos propostos em 2018 para o ano de 2020, onde todos os países da Europa têm de atingir uma determinada percentagem de energia proveniente de fontes renováveis. Portugal é um dos países com maior disponibilidade de radiação solar e a utilização deste recurso promove um baixo impacto ambiental e a sustentabilidade do planeta (Eurostat, 2021).



**Figura 1.3.** Quota de energia proveniente de fontes renováveis em 2018 (Eurostat, 2021).

Com a introdução de legislação cada vez mais rigorosa, foram sendo aplicadas medidas e ideologias mais sustentáveis como, por exemplo, a instalação de equipamentos mais eficientes e com aproveitamento de energias renováveis.

O interesse pela área despertou a procura de um estágio em uma empresa inserida nesse ramo, com vista a expandir conhecimentos e valências. Assim, foi encontrada, depois de algumas reuniões, a empresa Original Sunenergy, Lda, sediada em Coimbra.

## 1.1. Objetivos

O estágio teve como principal objetivo a integração no mercado de trabalho, aprofundando os conhecimentos adquiridos na área de Engenharia Mecânica, concebendo a oportunidade de aplicar em prática todos os anos de formação.

Ora, os objetivos mais específicos do estágio são descritos seguidamente:

- Aumentar o conhecimento no setor da energia e ambiente;
- Aplicar a legislação em vigor nas áreas de trabalho da empresa;
- Conhecer o mercado da energia renovável e familiarizar-me com a variedade de produtos, tecnologias e fornecedores existentes;
- Desenvolver a aptidão da comunicação com clientes e fornecedores.

## 1.2. Estrutura da dissertação

A presente dissertação apresenta, para além do capítulo introdutório, a empresa onde decorreu o estágio, situada no segundo capítulo.

Segue-se no terceiro capítulo, todo o enquadramento legislativo, onde se descrevem as políticas climáticas e energéticas da União Europeia e as políticas sobre o desempenho energético em edifícios. Ainda é mencionada a política energética em Portugal e os seus principais fundos ambientais.

O quarto capítulo, introduz todo o conceito de bomba de calor, como fonte renovável em edifícios residenciais, destacando o modo de funcionamento, a classificação da sua eficiência energética e a descrição dos componentes integrantes do respetivo sistema.

No quinto capítulo, realiza-se o dimensionamento do um sistema climatização e produção de águas quentes sanitárias, através da utilização de bomba de calor (produtor de energia térmica) e radiadores (emissor térmico), para o setor residencial. Ainda, é apresentado todo o acompanhamento da instalação do mesmo sistema. Conta, ainda com uma análise económica e financeira, consoante a eficiência dos equipamentos para os respetivos emissores térmicos, tendo por base, uma comparação entre uma tradicional caldeira a gás e diferentes bombas de calor, que operam com temperaturas e eficiências distintas para o uso de radiadores, piso radiante e ventiloconvectores.

No sexto capítulo, são apresentadas as conclusões retiradas do período de estágio.



## 2. A EMPRESA

A original Sunenergy, Lda detém a marca Sunenergy em Portugal, cuja designação anterior era NGR-Sistemas de Energias Renováveis, Lda.

A Sunenergy é uma marca especializada na oferta de soluções baseadas em energias renováveis para o mercado doméstico e industrial, com quinze anos de experiência no setor. Comercializa soluções adaptadas aos clientes, através da projeção, instalação e manutenção de sistemas de geração de eletricidade e calor, isto é, energia fotovoltaica, autoconsumo, carregamento de veículos elétricos e sistemas de climatização e produção de AQS.

Sediada em Coimbra (Figura 2.1), conta com uma sucursal no Porto, inaugurada em 2023 e uma rede de *franchising* em Portugal, totalizando 28 delegações, incluindo as regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Parte da empresa foi adquirida por um grupo empresarial sediado em Espanha, pelo que, a expansão para o mercado internacional é iminente.



Figura 2.1. Sede da Sunenergy.

Embora o foco da empresa seja a instalação de painéis fotovoltaicos, tem apostado na implementação de sistemas de climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS), permitindo apresentar soluções conjuntas, focadas na melhoria da eficiência energética dos edifícios e contribuindo para um futuro mais sustentável.

Ao nível de instalação de painéis fotovoltaicos, o portefólio é extenso, destacando-se, por exemplo, a instalação no setor industrial de 1 724 painéis em Soure, na empresa Omya em 2022, com uma potência de pico de 1 MW, representada pela Figura 2.2.



Figura 2.2. Projeto Omya (Portefólio Sunenergy, 2024).

Já no setor público, conta com uma instalação de 3 267 painéis, em Lisboa, no Hospital de Santa Maria em 2021, com uma potência de pico de 980 kW, ilustrada pela Figura 2.3.



Figura 2.3. Projeto Hospital de Santa Maria (Portefólio Sunenergy, 2024).

As informações adicionais dos projetos são mencionadas na tabela seguinte.

Tabela 2.1. Informações adicionais dos projetos descritos.

Projeto	Setor	Localidade	Painéis fotovoltaicos	Potência [kWp]	CO <sub>2</sub> evitado [t/ano]
Omya	Industrial	Soure	1 724	1000	369
H.S. Maria	Público	Lisboa	3 267	980	320

### **3. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E FUNDO AMBIENTAL**

A mudança do clima é uma realidade, em que as temperaturas e o nível médio do mar aumentam e os glaciares derretem. Considera-se que as alterações climáticas são o problema mais grave com que o mundo se depara. De facto, é necessário acelerar a transição para uma economia verde, face à escala de preços da energia e às preocupações com o aprovisionamento de gás importado.

Este capítulo pretende resumir o enquadramento legislativo da União Europeia (UE). Assim, serão descritas as principais políticas climáticas e energéticas da União Europeia e as políticas sobre o desempenho energético em edifícios. Ainda é mencionada a política energética portuguesa e os fundos ambientais mais conhecidos a nível nacional.

#### **3.1. Política Climática da União Europeia**

O meio ambiente enfrenta várias ameaças como o aquecimento global, a perda da biodiversidade e a desertificação. Assim, as Nações Unidas (ONU) organizam reuniões anuais, mais conhecidas por *COPs*, acrónimo de *Conference of the Parties* (Conferência das Partes, tradução em português). Existem várias versões dessas reuniões, visto que abordam distintas ameaças ambientais, mas a mais conhecida é, de facto, a que aborda as mudanças climáticas, tanto pela escala do problema que representa, como pela necessidade de acelerar a ação dos governos e das empresas para enfrentá-lo.

A primeira *COP* foi realizada em 1995 em Berlim e desde então, têm sido organizadas reuniões em diferentes cidades do mundo. Em 1997, a *COP 3*, acordou o primeiro protocolo legalmente vinculante para limitar as emissões de gases de efeito de estufa (GEE). Foi designado “Protocolo de Quioto”, no qual os países signatários acordaram na redução das suas emissões em 5 % até 2012 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021).

A 12 de dezembro de 2015, através da *COP 21* realizada em França, foi alcançado um novo acordo mundial sobre as alterações climáticas, designado “Acordo de Paris”, que representa um plano de ação que visa limitar o aquecimento global a um valor “bem abaixo” dos 2 °C (Conselho Europeu, 2024).

Em julho de 2021, entrou em vigor a Lei Europeia em matéria de Clima, também conhecida por “Objetivo 55: Como a UE transformará objetivos climáticos em legislação”. Os países da UE estão legalmente obrigados a reduzir as emissões de GEE em, pelo menos, 55 % até 2030 e alcançar a neutralidade climática até 2050. Esta lei fundamental do Pacto Ecológico Europeu estabelece o regime a tomar pelos Estados-Membros com vista a reduzir progressivamente as emissões (Conselho Europeu, 2024).

A mais recente conferência, designada *COP 28*, teve lugar em dezembro de 2023 no Dubai, onde incluiu o primeiro balanço mundial no âmbito do Acordo de Paris. Este balanço salientou a necessidade de se atingir o pico das emissões mundiais de GEE até, mais tardar, 2025 e reduzir estas emissões em 43 % até 2030 e em 60 % até 2035, a fim de limitar o aquecimento global a 1,5 °C. Pela análise realizada verificou-se que os países estão longe de cumprir os objetivos do Acordo de Paris. Por outro lado, através de um esforço conjunto a nível mundial, conseguiu-se chegar a um acordo que apela à transição no sentido de abandonar os combustíveis fósseis no setor da energia (Conselho Europeu, 2024).

### **3.2. Política Energética da União Europeia**

A União Europeia enfrenta vários desafios a nível energético, desde o aumento da dependência das importações, os preços elevados e voláteis da energia, além da sua crescente procura, os riscos de segurança que afetam os países produtores e de trânsito, as crescentes ameaças devido às alterações climáticas, o progresso lento em matéria de eficiência energética, até aos desafios colocados pela crescente quota-parte de energias renováveis e descarbonização. De modo a promover o desenvolvimento de energia sustentável, segura e económica, a política da UE tem como objetivo, alcançar um mercado energético integrado, privilegiando a sua segurança no aprovisionamento e obter um setor energético sustentável, tudo orientado para uma verdadeira União da Energia (Parlamento Europeu, 2024).

A União da Energia ajuda a UE a garantir uma energia segura através da redução da dependência das importações de energia, fornece uma escolha mais alargada e preços mais baixos e competitivos aos consumidores e luta contra as alterações climáticas. A eficiência energética é uma das suas grandes prioridades e todas as suas medidas são uma forma de alcançar uma maior utilização de energia sustentável, além de reduzir as emissões de GEE e as faturas de importação, estimulando a competitividade da UE (Parlamento Europeu, 2024).

A base principal da legislação é a Diretiva (2012/27/UE), que entrou em vigor em dezembro de 2012 e pretendia que os Estados-Membros estabelecessem objetivos nacionais de eficiência energética, por forma, a atingir a principal meta de reduzir o consumo de energia em 20 % até 2020 (Parlamento Europeu, 2024).

Em dezembro de 2018 entrou em vigor o Regulamento (2018/2001/UE), relativo à administração da União da Energia e da Ação climática, no âmbito do pacote “Energias Limpas para Todos os Europeus”. Cada Estado-Membro estabeleceu no seu plano nacional, contributos e políticas para as cinco categorias da União da Energia: descarbonização, eficiência energética, segurança energética, mercado interno da energia e investigação, inovação e competitividade, que cobrem um período de 10 anos e devem ser atualizados periodicamente. Estabeleceu-se ainda, uma redução mais acentuada no consumo de energia primária e final da UE a alcançar até 2030, sendo eles:

- Aumento para 32 % da quota-parte das energias renováveis no consumo de energia;
- Melhoria de 32,5 % na eficiência energética através da redução do consumo de energia.

Em julho de 2021, no âmbito do pacote “Objetivo 55”, propôs-se uma primeira revisão da Diretiva Eficiência Energética, aliando os seus objetivos com o novo propósito da UE em matéria de clima, priorizando a eficiência energética. Como medidas de revisão, propôs-se aumentar a meta anual de eficiência energética, pelo menos, 9 % até 2030, comparado com as previsões feitas em 2020, ou seja, meta de 39 % para o consumo de energia primária e de 36 % para o consumo de energia final (Conselho Europeu, 2024).

Em 2022, pelo plano REPowerEU proveniente da invasão da Rússia, a Comissão propôs uma segunda revisão da diretiva, de modo a aumentar a meta revista, de 9 % para 13 %. Este plano visa acabar com a dependência dos combustíveis fósseis russos, diversificando o abastecimento e acelerando a transição para energias limpas (Parlamento Europeu, 2024).

Em 2023, entrou em vigor a nova Diretiva Energias Renováveis (diretiva 2023/2413/UE) e a nova Diretiva Eficiência Energética (Diretiva 2023/1791/UE), que estabelece as novas metas, sendo estas, um aumento da quota-parte das energias renováveis no consumo de energia final para 42,5 %, com o objetivo de chegar aos 45 % e a redução do consumo de energia primária e final de 11,7 % até 2030, comparado com as previsões de consumo de energia feitas em 2020, respetivamente (Parlamento Europeu, 2024).

### 3.3. Desempenho Energético em Edifícios

Segundo dados da Comissão Europeia, o setor dos edifícios na UE é responsável por 40 % das necessidades energéticas, o que corresponde à maior fração de consumo de energia entre os setores de atividade económica, responsável por 36 % das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Assim, a eficiência energética dos edifícios é um fator chave da política europeia (DGEG, 2024).

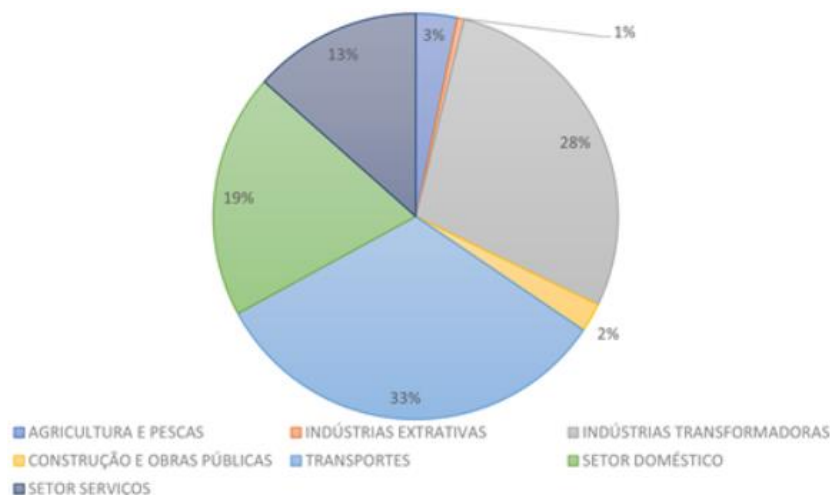
Perante esta realidade, em 2018 alterou-se a Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios (Diretiva 2010/31/UE) e a Diretiva Eficiência Energética (Diretiva 2012/27/UE), materializando-se na Diretiva 2018/844/UE, com o objetivo de assegurar que cada Estado-Membro cumpra de um parque imobiliário sustentável e descarbonizado, mas também competitivo e de elevada eficiência energética até 2050 (DGEG, 2024).

A 15 de dezembro de 2021, a Comissão Europeia adotou uma proposta legislativa para rever a Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios, no âmbito do “objetivo 55”, onde define os métodos para alcançar um parque imobiliário com emissões nulas até 2050 e introduziu uma nova definição de edifício com emissões nulas (nZEB). Substituiu as estratégias de renovação a longo prazo por planos nacionais de renovação de edifícios que estão sujeitos a um melhor acompanhamento e são mais práticos (Conselho Europeu, 2024).

Em maio de 2022, após a invasão da Rússia e de acordo com o plano REPowerEU, a Comissão modificou a Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios, incentivando o apoio à energia solar, nomeadamente uma instalação obrigatória de energia solar em coberturas de edifícios e medidas de redução da procura de energia (Parlamento Europeu, 2024).

Em dezembro desse ano, acordou-se entre o Parlamento e o Conselho, que todos os novos edifícios devem ter emissão zero a partir de 2030 e novos edifícios residenciais ou públicos devem ter emissão zero a partir de 2028. Cada Estado-Membro deve garantir uma redução de energia primária em edifícios residenciais de 16 % até 2030 e um intervalo entre 20 % e 22 % até 2035. O objetivo é eliminar de forma progressiva o uso de caldeiras de combustíveis fósseis até 2040 e proibir a produção de caldeiras autónomas de combustíveis fósseis a partir de 2025. Os incentivos financeiros continuarão a existir para os sistemas de aquecimento híbridos, como por exemplo, combinação de uma caldeira com uma instalação solar térmica ou uma bomba de calor. O Parlamento aprovou o acordo em março de 2024 e o próximo passo ruma na assinatura formal e publicação oficial (Parlamento Europeu, 2024).

Em Portugal, no ano 2020, o setor dos edifícios foi dos que mais contribuiu para o consumo final de energia, com um índice de 32,9 % (19,4 % setor doméstico e 13,4 % setor dos serviços), juntamente com o setor da indústria transformadora (28 %) e o setor dos transportes (32,6 %), como mostra a seguinte figura (DGEG, 2024).



**Figura 3.1.** Consumo final de energia por setor de atividade económica, no ano 2020 (DGEG, 2024).

O Decreto-Lei n.º 118/2013 reproduziu para a legislação portuguesa a diretiva europeia de modo a promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

O certificado energético de um edifício, que se encontra no Anexo A, é um documento digital emitido no âmbito do (SCE) que traduz o desempenho energético da habitação, em uma escala de A+ a F (de muito a pouco eficiente), calculada com base em características construtivas do imóvel, existência de energias renováveis, tipo de sistema de ventilação, eficiência da habitação e tipo de combustíveis usados nos sistemas de climatização e produção de AQS (ADENE, 2024).

Posteriormente, em dezembro de 2020, foi aprovado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, que estabelece novos requisitos para melhoria de desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), onde aprovou o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, que estabelece a metodologia de cálculo para efeitos de avaliação do desempenho energético e define valores de referência, sendo que os requisitos mínimos relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos estão definidos na nova Portaria n.º 138-I/2021 (DGEG, 2024).

A figura 3.2 ilustra a evolução legislativa no âmbito da eficiência energética.

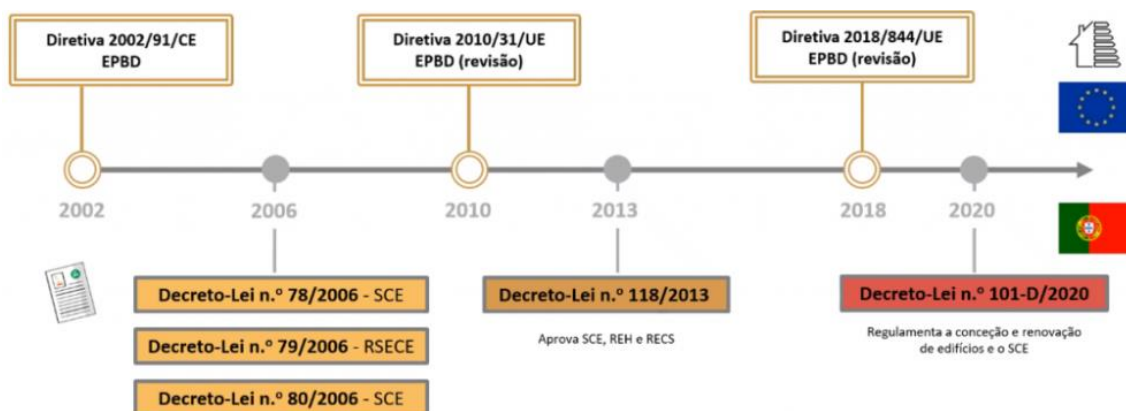


Figura 3.2. Evolução da legislação na UE e em Portugal (ADENE, 2024).

### 3.4. Política Energética Portuguesa

Para alcançar a neutralidade carbónica em 2050 é necessário abandonar, de um modo progressivo, o modelo de economia linear, que é focado na utilização de combustíveis fósseis e priorizar-se num modelo de economia que utilize recursos renováveis. Deste modo, para que Portugal cumpra as metas europeias, auxilia-se de planos próprios.

A política energética portuguesa é estabelecida principalmente pelos seguintes documentos:

- Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER);
- Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética (PNAEE);
- Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030);
- Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050);
- Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP);
- Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios (ELPRE);
- Plano de Poupança de Energia (PPE);
- Estratégia de Longo Prazo para a Pobreza Energética (ELPPE);
- Plano Nacional de Recuperação e Resiliência (PRR).

O Conselho de Ministros aprovou em 2013 o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para Energias Renováveis (PNAER). Através destes, foram definidas políticas e metas para Portugal no horizonte de 2020, de acordo com as Diretivas 2012/27/UE e 2009/28/CE, relativas à eficiência energética e promoção das energias renováveis, respetivamente (DGEG, 2024).



O PNEC 2030 é a principal política energética e climática para o período 2021-2030. As medidas deste plano terão um papel fundamental para garantir a concretização dos objetivos definidos para Portugal no horizonte 2030. Este plano substituiu o PNAEE e o PNAER após 2020 e está aliado aos objetivos europeus, rumo à neutralidade carbónica até 2050. Este plano tem origem das obrigações definidas no Regulamento da Governação e da União da Energia e da Ação Climática, que tem metas e medidas que visam as cinco dimensões da União da Energia, que são: Descarbonização, Eficiência Energética, Mercado Interno de Energia, Segurança Energética e Investigação, Inovação e Competitividade. Ora, Portugal apresenta metas ambiciosas, ilustradas pela tabela 3.1 (DGEG, 2024).

**Tabela 3.1.** Metas nacionais de Portugal para 2030 (Adaptado de “PNEC\_PT\_Template Final, 2023”).

<i>Metas Nacionais</i>	<i>Redução Emissões</i>	<i>Eficiência Energética</i>	<i>Energia de F. Renovável</i>	<i>Renováveis nos transportes</i>	<i>Interligações elétricas</i>
<b>PNEC 2030</b>	[45%; 55%]	35%	47%	20%	15%

A estratégia nacional, procura seguir as metas comunitárias, numa lógica de integração de energia e clima, estando igualmente relacionados com as cinco dimensões da União da Energia. Nesse sentido, foram definidos oito objetivos nacionais que contribuirão para a neutralidade carbónica, apresentados na figura seguinte:



**Figura 3.3.** Objetivos nacionais para 2030 (PNEC\_PT\_Template Final, 2023).

Sabendo que, cada objetivo pode contribuir para mais do que uma dimensão, na Figura 3.4, é fácil verificar a relação de contribuição dos oito objetivos nacionais com as cinco dimensões da União da Energia. Verifica-se que uma aposta nas energias renováveis para reduzir a dependência energética do país, contribui substancialmente para a dimensão da União da Energia chamada Descarbonização, com o grau 5 (numa escala de 0 a 5), mas tem uma contribuição nula relativamente à dimensão eficiência energética. Tem uma contribuição de grau 4 para a segurança energética e Investigação, Inovação e Competitividade e tributo de grau 3 no mercado interno. Já a aposta na eficiência energética tem contribuição nula na dimensão mercado interno, contribuição de grau 2 na segurança energética, de grau 4 na investigação, inovação e competitividade, e de grau 5 na descarbonização e eficiência energética.

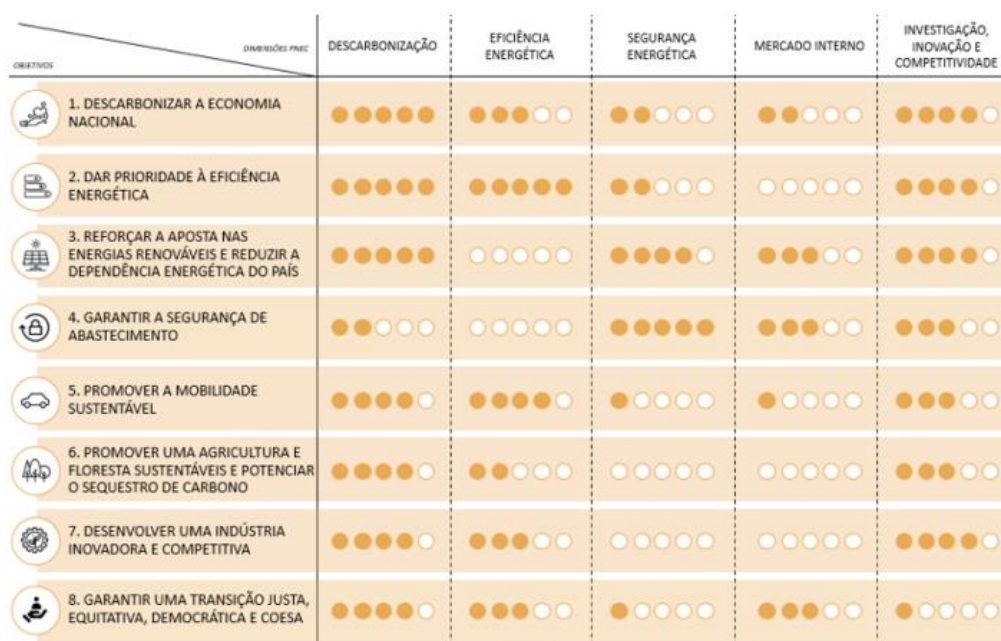


Figura 3.4. Relação entre objetivos nacionais e as dimensões do PNEC (PNEC\_PT\_Template Final, 2023).

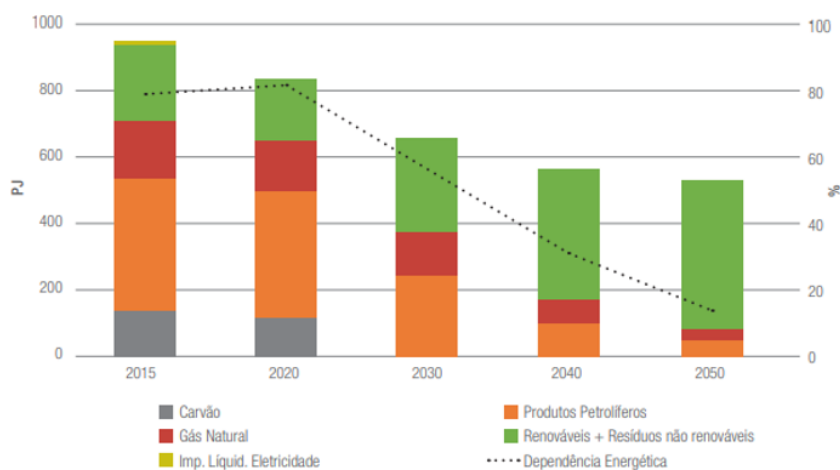
Em 2016, no âmbito do Acordo de Paris, Portugal responsabilizou-se com o objetivo de alcançar a neutralidade carbónica em 2050, tendo definido, uma visão estratégica, de modo a promover a descarbonização da economia nacional e a transição energética, consagrada no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). O RNC 2050 define a Estratégia Nacional de Longo Prazo para a redução das emissões de GEE e constitui ainda a Estratégia de Longo Prazo de Portugal no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC).

Por outro lado, encontra-se alinhado com as metas e políticas definidas pelo PNEC 2030 no período 2021-2030, sendo este a base da política energética e climática para o referido período.

A concretização desta visão estratégica assenta em premissas fundamentais, descritas nas secções seguintes (RNC 2050, 2019):

- Promover a transição para uma economia competitiva, circular, resiliente e neutra em carbono, gerando mais riqueza, emprego e bem-estar;
- Identificar vetores de descarbonização e linhas de atuação subjacentes a trajetórias para a neutralidade carbónica em 2050;
- Estimular a investigação, a inovação e a produção de conhecimento em áreas-chave para a concretização do objetivo da neutralidade carbónica;
- Garantir condições de financiamento e aumentar os níveis de investimento;
- Envolver a sociedade nos desafios das alterações climáticas, apostando na educação, informação e sensibilização, contribuindo para aumentar a ação individual e coletiva.

Através da figura 3.5, verifica-se a evolução do consumo de energia primária ao longo dos anos que se espera alcançar com as medidas aplicadas.



**Figura 3.5.** Evolução do consumo de energia primária até 2050 (RNC 2050).

A trajetória para neutralidade carbónica encaminhará a uma utilização mais ampliada dos recursos energéticos renováveis, representando em 2050 mais de 80 % do consumo de energia primária. O sistema de energia nacional deixa de ser focado em combustíveis fósseis para ser essencialmente renovável, que conseqüentemente, leva a desenvolvimentos positivos na fatura energética, na balança comercial e na redução da dependência energética, que baixa dos atuais 70 % para menos de 20 % (RNC 2050, 2019).

### 3.5. Fundo Ambiental

De modo a garantir uma maior eficácia da política ambiental, foi estabelecido que o programa do XXI Governo Constitucional incluisse a criação de um único Fundo Ambiental, com o objetivo de obter uma maior capacidade financeira e com maior adaptabilidade às dificuldades colocadas.

O Decreto-Lei n.º 42-A/2016, que entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 2017, teve por objetivo a fundação do Fundo Ambiental, criando regras para a sua atribuição, gestão e concretização das receitas e apoios a conceder. Portanto, no sentido de agrupar um conjunto de programas idênticos já existentes, o Fundo Ambiental substituiu o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Em 2021, com a alteração dada pelo Decreto-Lei n.º 114/2021, procedeu-se à extinção do Fundo Florestal Permanente, do Fundo de Apoio à Inovação, do Fundo de Eficiência Energética e do Fundo para a Sustentabilidade Sistémica do Setor Energético, uma vez que todos estes foram agregados ao Fundo Ambiental (Fundo Ambiental, 2024).

Assim, este fundo é o principal instrumento de financiamento que permite apoiar políticas ambientais e de ação climática, aliadas ao desenvolvimento sustentável, contribuindo para o cumprimento dos compromissos nacionais e internacionais, nomeadamente às alterações climáticas, às energias de fontes renováveis, à eficiência energética, aos recursos hídricos e à conservação da natureza e biodiversidade.

O Fundo Ambiental financia todas as entidades, atividades ou projetos que se enquadrem nos seguintes âmbitos:

- Mitigação das alterações climáticas pela da redução de gases com efeito de estufa;
- Uso eficiente da água e proteção dos recursos hídricos;
- Transição para uma economia circular;
- Transportes e mobilidade sustentável;
- Monitorização da qualidade do ambiente;
- Combate à pobreza energética;
- Eficiência energética, energias de fontes renováveis, autoconsumo e comunidades de energia renovável;
- Entre outros

Relativamente à eficiência energética dos edifícios residenciais, existem apoios que se mantêm, tais como o Programa Vale Eficiência e o Programa de Apoio a Edifícios mais Sustentáveis (PAE+S).

O Programa Vale Eficiência reúne um conjunto de medidas que visam combater a pobreza energética e reforça a renovação do edificado nacional, melhorando a qualidade do ar interior e o conforto térmico. Este programa atribui vales no valor de 1300 € mais IVA que podem ser utilizados para aquisição de serviços, materiais ou equipamentos que permitam melhorar o desempenho energético das habitações. No total, o programa Vale Eficiência possui 130 milhões de euros, provenientes do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) para distribuir até 2025. A segunda fase do apoio prevê atribuir um valor de 104 milhões de euros. Poderá ser atribuído um ou mais Vales Eficiência por beneficiário, até um máximo de três, em função das tipologias de intervenção definidas. A tabela 3.2 apresenta as tipologias de intervenção, por nível hierárquico e por ordem decrescente do seu potencial para incentivar a eficiência energética dos edifícios. Conclui-se que o nível 1 inclui as tipologias com maior potencial de incentivo (Fundo Ambiental, 2024).

**Tabela 3.2.** Tipologias de intervenção hierarquizadas (Fundo Ambiental, 2023).

Edifícios unifamiliares		Edifícios multifamiliares	
Nível hierárquico	Tipologia de intervenção	Nível hierárquico	Tipologia de intervenção
Nível 1	Janelas eficientes, de classe energética igual "A" ou superior e proteções solares exteriores	Nível 1	Janelas eficientes, de classe energética igual a "A" ou superior e proteções exteriores.
Nível 2	Sistemas de águas quentes sanitárias (AQS), que recorram a energia renovável, de classe energética "A" ou superior	Nível 2	Sistemas de águas quentes sanitárias (AQS), que recorram a energia renovável, de classe energética "A" ou superior.
Nível 3	Sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento ambiente que recorram a energia renovável, de classe energética "A" ou superior.	Nível 3	Sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento ambiente que recorram a energia renovável, de classe energética "A" ou superior.
	Instalação de sistemas fotovoltaicos ou de outros equipamentos de fonte de energia renovável para a produção de energia elétrica para autoconsumo.		

O Programa de Apoio a Edifícios mais Sustentáveis (PAE+S) é um investimento no âmbito da Eficiência Energética em Edifícios Residenciais do Pano de Recuperação e Resiliência (PRR) e centra-se no financiamento de medidas que promovem a realização de obras de reabilitação, a descarbonização, a eficiência energética em edifícios existentes, públicos ou privados e a economia circular. Pretende-se que as medidas a implementar conduzam, em média, a pelo menos 30 % de redução do consumo de energia primária nos edifícios intervencionados.

O Anexo B ilustra a tipologia de obra incluída para este programa.

A 1ª fase deste programa teve início a 7 de setembro de 2020 com uma dotação inicial de 4,5 milhões de euros, encerrando mais tarde a 31 de dezembro. Devido à elevada adesão na 1ª fase do programa, a 2ª fase contou com uma dotação inicial de 30 milhões de euros.

A taxa de comparticipação era semelhante para as seis tipologias de investimento, a rondar os 85 %. Para o mercado em que a empresa se situava, isto é, instalação de sistemas de climatização e/ou AQS que recorram a energias renováveis como as bombas de calor, o limite de comparticipação era de 2 500 €. Por outro lado, cada candidato podia ser reembolsado até 7 500 €, caso instale as restantes tipologias (Fundo Ambiental, 2024).

Em suma, face ao enquadramento legislativo mencionado, Portugal tem de limitar as emissões de GEE, preparando-se para atingir a neutralidade climática. De facto, tem promovido a descarbonização desde o início do século, mas ainda será necessário um esforço significativo para atingir a meta estipulada para 2030, logo é necessária a cooperação de todos os setores de atividade. Todos os setores têm potencial para reduzir emissões, embora não seja em igual proporção, estando em grande medida dependente do grau de evolução das tecnologias e da relação custo-eficácia.

Neste sentido, a empresa acolhedora de estágio, tende a oferecer soluções sustentáveis e eficientes, como a instalação de bombas de calor para o setor residencial. Atua com tecnologias que encaminham para as metas ambiciosas descritas, em um setor importante, com grande margem de progressão.

## 4. BOMBA DE CALOR

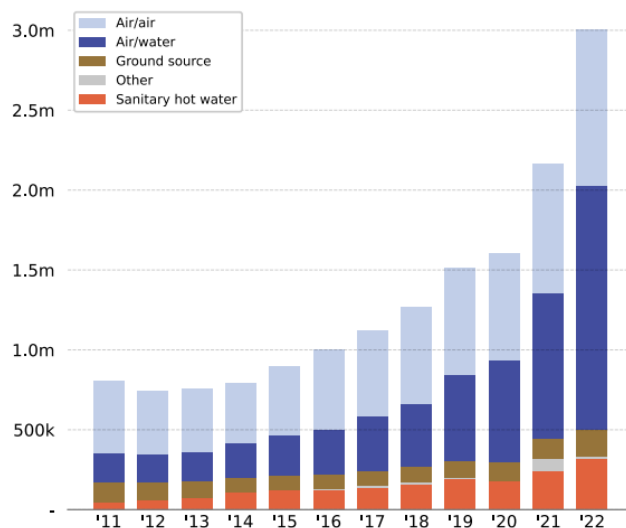
A bomba de calor é considerada uma solução adequada para produção de AQS e climatização, reconhecida como uma tecnologia que capta energia renovável, segundo a diretiva (2013/114/UE). O sistema opera através da energia gratuita do ar ambiente, apenas necessita de eletricidade que pode ser obtida, por exemplo, através de um sistema fotovoltaico. Indispensável para o sucesso da transição energética, é uma tecnologia com margem de crescimento, com máquinas cada vez mais eficientes, considerada uma resposta firme às metas das diretivas europeias, além de contribuir para a redução do consumo de energia primária ao nível dos edifícios (Facção, 2015).

Devido à sua crescente utilidade, uma vez que pode integrar como funcionalidades a climatização e produção de AQS em um único equipamento, aliada a uma elevada eficiência energética, as bombas de calor assumiram um papel importante ao nível dos sistemas térmicos, uma vez que podem ser instaladas em habitações, em edifícios de serviços, hotéis, piscinas ou processos industriais. A utilização deste equipamento permite substituir outros produtores de energia térmica, como o recuperador de calor, visto que a produção de AQS é realizada de forma mais cómoda e limpa, evitando recargas constantes e limpezas diárias.

De facto, a introdução da bomba de calor no mercado é justificada não apenas pelo seu maior rendimento, quando comparados aos *chillers* e caldeiras, mas também pela sua reversibilidade, isto é, unifica os sistemas de arrefecimento e aquecimento, visto que executa ambas as funções. Ainda, de acordo com a Norma Europeia de Controlo e Gestão de Edifícios (CEN/TC 247), esta junção é considerada uma característica de alto desempenho de um sistema de controlo, automação e gestão técnica de edifícios residenciais e não residenciais (Parlamento Europeu, 2012).

Por último, o Governo promove esta tecnologia ao abrigo de programas do Fundo Ambiental, contribuindo para o triplo objetivo definido pela UE, uma vez que é energeticamente eficiente, é considerada uma energia renovável e reduz as emissões de CO<sub>2</sub> (Bosch, 2024). Conta ainda, com uma taxa reduzida de IVA, 6 %, no seguimento das disposições estabelecidas pelo Artigo 244.º do Orçamento de Estado para 2024, que outrora era de 23 % (Sanitop, 2024).

As vendas europeias de bombas de calor cresceram em 38,9 % em 2022, (Figura 4.1), pelos motivos referidos anteriormente. Um número de vendas continuamente maior resulta em menor custo, incentivando a indústria a materializar-se ao nível da produção e qualidade do produto (European Heat Pump Market, 2023).



**Figura 4.1.** Desenvolvimento de vendas por tipo de bomba de calor (*European Heat Pump Market ,2023*).

Resumindo, pela perspetiva económica, um sistema de bomba de calor adequadamente projetado, pode retornar o investimento em um curto espaço de tempo devido ao seu baixo consumo. Já, pela perspetiva ambiental, respeitando as diretivas europeias para a redução das emissões de GEE e as diretivas nacionais do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 e do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, este equipamento está na vanguarda para substituir as tradicionais fontes térmicas que emitem algum tipo de GEE.

Ao longo deste capítulo, serão abordados temas como o princípio de funcionamento, tipos de bombas e respetivas funções, componentes do sistema e por fim a eficiência energética.

## 4.1. Princípio de Funcionamento

Existem três tipos de bombas, a diferença depende da fonte onde o equipamento extrai o calor, ou seja, bomba de calor geotérmica se extrair calor do solo, bomba de calor hidrotérmica no caso de extrair calor da água e bomba de calor aerotérmica, com extração de calor pelo ar.



A fonte de calor mais estável é o solo. O solo além de acumular energia solar, armazena igualmente energia geotérmica. Deste modo a temperatura do solo ao longo do ano não sofre grandes variações, logo as bombas de calor geotérmicas apresentam um rendimento substancialmente maior. A operação é concretizada por meio de permutadores de calor enterrados no subsolo, que permitem a exploração de uma ótima fonte térmica. Porém, uma bomba de calor geotérmica é consideravelmente mais dispendiosa e disruptiva, visto que os custos iniciais e os custos de instalação são elevados devido às obras e escavações profundas e solicita de terreno com algum espaço (Bosch, 2024).

Por outro lado, as águas do mar, rios e águas estagnadas podem também ser utilizadas como fontes de calor. Contudo nos meses mais frios do ano (inverno), as baixas temperaturas podem congelar a água, além de que, requer proximidade com a fonte de água, que pode implicar custos de instalação significativos devido aos trabalhos de perfuração necessários.

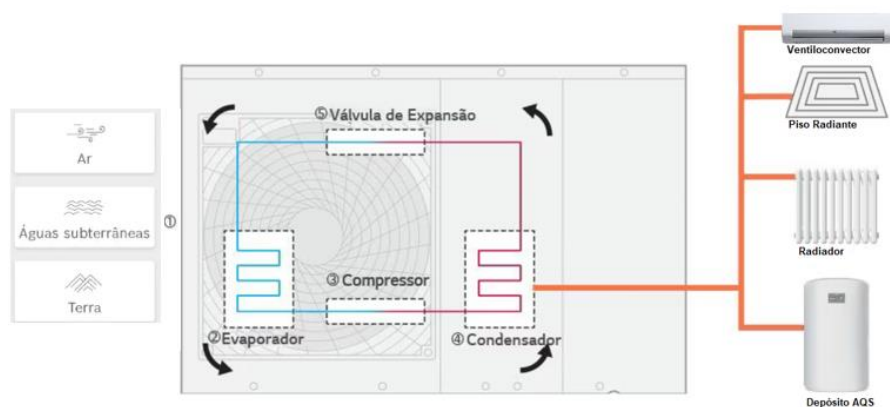
Por fim, o ar é outra fonte de calor que pode ser utilizada. O ar exterior encontra-se sempre disponível, dispensando meios de captação. As bombas de calor aerotérmicas são muito populares devido à sua ampla variedade de aplicações, à sua flexibilidade, uma vez que são fáceis de instalar em edifícios com pouco espaço disponível e ao seu menor custo de investimento. No entanto, temperaturas inferiores a 5 °C sentidas principalmente em alguns dias dos meses de inverno, interferem no rendimento da bomba de calor, baixando-o consideravelmente, logo um maior gradiente de temperatura implica uma redução do desempenho do equipamento. Ainda, é a única bomba de calor em que o ruído exterior é relevante. Este tipo de equipamento pode ser subdividido em duas categorias, os sistemas ar-ar e sistemas ar-água. Na primeira categoria, a energia térmica é distribuída por condutas de ar, já as bombas ar-água, trocam calor com o fluido térmico, utilizando como emissores térmicos, os ventiloconvectores, os radiadores ou o piso radiante (Bosch, 2024).

A presente tese irá concentrar-se na bomba de calor aerotérmica, uma vez que é o equipamento que a empresa instala, como solução para climatização de habitações e produção de AQS.

Na natureza, o calor flui de corpos a uma certa temperatura para outros a temperatura mais baixa, mas o contrário não acontece, pelo menos, de uma forma natural, obrigando o ser humano a encontrar soluções. Assim, a tecnologia de bomba de calor é uma opção viável para o efeito.

As bombas de calor baseiam-se essencialmente no ciclo de Carnot Inverso, ou seja, em vez de transformar energia térmica em energia mecânica, faz o oposto. Assim, são aparelhos térmicos que transferem calor de um ambiente, que está a uma temperatura mais baixa, para outro meio, que está a uma temperatura superior, contrariando o princípio natural do movimento de calor. Este sistema utiliza um fluido frigorígeno que conduz o calor desde a fonte fria até à fonte quente, recorrendo à sua mudança de fase (Vaillant, 2024).

A Figura 4.2 apresenta os principais componentes do ciclo termodinâmico, entre eles, o evaporador, o compressor, o condensador e a válvula de expansão por meio de um circuito fechado.



**Figura 4.2.** Ciclo termodinâmico da bomba de calor (Adaptado de LG, 2024).

O método operacional rege-se pelo ciclo de compressão de vapor, muito comum em aplicações de refrigeração, uma vez que recorre ao trabalho mecânico de forma a ser capaz de retirar energia de uma fonte fria e libertá-la na fonte quente (Çengel and Boles, 2006).

O fluido, no estado de vapor saturado, entra no compressor, onde é transferido trabalho mecânico, elevando a sua pressão e conseqüentemente a sua temperatura, já em vapor sobreaquecido. Ao passar pelo condensador que tem forma de uma serpentina e está colocado no interior do reservatório de água quente, o gás quente liberta calor para a água à medida que vai mudando de fase, saindo do condensador como líquido saturado. De seguida, o fluido passa na válvula de expansão que provoca uma queda de pressão e temperatura, devido ao efeito de estrangulamento e segue para o evaporador, onde absorve o calor do meio ambiente, pois atinge temperaturas mais baixas do que a do espaço a retirar calor e passa do estado líquido para o estado gasoso, voltando novamente para o compressor e recomeça o ciclo (Çengel and Boles, 2006).

No caso de uma bomba de calor aerotérmica ar-água, o calor é absorvido do ar exterior.

## 4.2. Funcionalidades e diferentes tipologias

Além da elevada eficiência, a bomba de calor apresenta uma grande mais-valia, a sua versatilidade. Ou seja, distinta das soluções habituais, como caldeiras a gás, gasóleo e *pellets*, esta pode ser reversível, apresentando-se, não só como uma solução de produção de AQS e/ou aquecimento de habitações, mas também como uma solução de arrefecimento. Só é possível devido à capacidade de inverter o ciclo termodinâmico, isto é, inverter a direção do fluxo do fluido refrigerante por meio de uma válvula inversora, ou também conhecida por válvula de quatro vias (Figura 4.3). Enquanto, uma válvula de três vias é usada para desviar ou misturar fluxos, a válvula de quatro vias é frequentemente empregada em sistemas mais complexos, onde o fluxo precisa de ser desviado ou alternado entre diferentes caminhos.

De um modo simplificado, no caso do aquecimento, o permutador de calor interno é o condensador e o permutador externo é o evaporador. No arrefecimento, o permutador de calor interno torna-se o evaporador e o externo, o condensador.



Figura 4.3. Válvula de quatro vias.

Por outro lado, este equipamento pode-se dividir entre bomba de calor de climatização e bomba de calor AQS, consoante a sua função e monobloco ou *split*, conforme a sua disposição. De seguida serão apresentados os devidos equipamentos mencionados.

As bombas de calor ar-água são distintas consoante a sua função, isto é, as bombas de calor de climatização podem ser utilizadas para produção de AQS e climatização de espaços através de emissores, como radiadores, ventiloconvectores e piso radiante, já as bombas de calor de AQS são utilizadas unicamente para produção de AQS.

De facto, para bombas de calor de climatização, existem os equipamentos de baixa/média temperatura, que têm uma limitação da temperatura de produção, cujo valor máximo é, na ordem dos 55 °C a 60 °C e os de alta temperatura, na ordem dos 75°C a 80 °C. Além disso, conforme a sua disposição, pode ser um equipamento monobloco ou *split*.

Uma bomba de calor de climatização denomina-se como monobloco quando todos os componentes relativos ao ciclo termodinâmico se encontram reunidos em apenas um equipamento, designado de unidade exterior. Não possui unidade interior, logo não necessita de ligação frigorífica, considerada uma instalação simplificada, uma vez que não há manuseamento de gases fluorados. São equipamentos mais recentes, em que o circuito hidráulico liga a unidade exterior aos equipamentos que se encontram, por norma, na zona técnica, entre eles, o termoacumulador de AQS e/ou acumulador de inércia.

Na Figura 4.4 encontram-se bombas de calor de climatização reversíveis monobloco de alta e média temperatura, respetivamente, muito idênticas entre si.



**Figura 4.4.** (a) – Bomba de Calor de Climatização de Alta Temperatura, da marca *Vaillant*; (b) – Bomba de Calor de Climatização de Baixa/Média temperatura, da marca *LG*.

Por outro lado, as bombas de calor de climatização *split* apresentam o mesmo modo de funcionamento, mas o equipamento encontra-se dividido em uma unidade exterior (compressor, válvula de expansão e evaporador) e outra unidade interior (condensador), em que a ligação entre as duas unidades é feita por uma tubagem de cobre onde circula o fluido frigorígeno. Neste caso, é necessário o manuseamento de gases fluorados, pelo que a sua instalação tem de ser efetuada por um técnico certificado.

Relativamente às duas gamas, o modelo monobloco apresenta vantagens quanto à facilidade de instalação, que se traduz em uma redução de custos de instalação e uma vez que é uma unidade exterior, poupa espaço no interior da habitação.

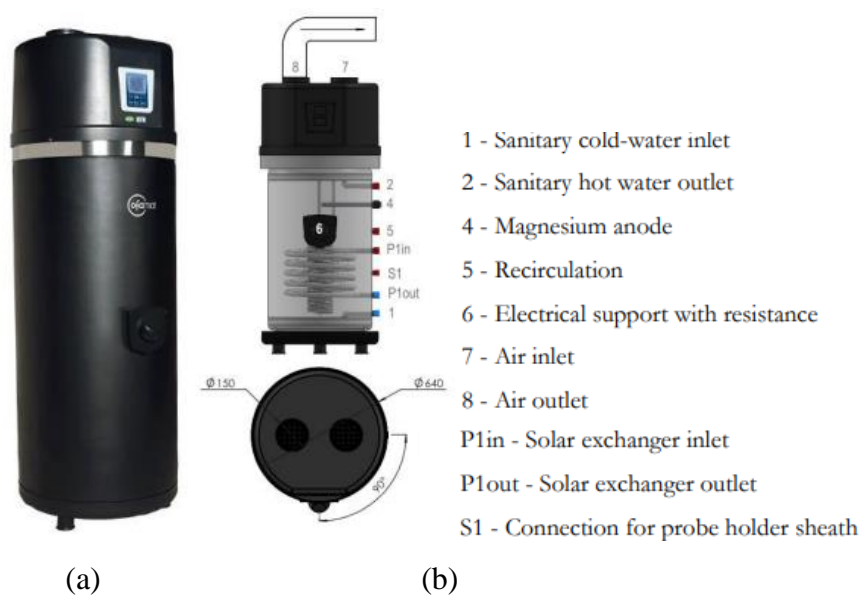
Uma outra solução, a bomba de calor de AQS monobloco interior, integra uma bomba de calor no depósito de acumulação, utilizada apenas na produção de AQS e tal como o nome indica, é uma solução que não requer instalação de uma unidade exterior, logo não há manuseamento de gases fluorados. Assim, é uma alternativa mais eficiente aos sistemas de produção de AQS mais comuns, como caldeiras ou esquentadores. A elevada eficiência aliada à praticidade de operação, levaram a um aumento na procura deste equipamento.

Esta bomba absorve o calor do ar exterior por meio de um evaporador e liberta-o diretamente para a água do termoacumulador, onde se encontra o condensador. O ar frio é encaminhado para o exterior através de uma conduta e a circulação ocorre através de duas aberturas no topo do equipamento. O compressor fica na parte superior, tudo o resto é um depósito feito em aço inoxidável.

Um dos problemas associados à acumulação de água é o aumento de aparecimento e proliferação de *Legionella*, que resultará na necessidade de implementar ciclos para elevar a temperatura entre os 60°C e os 70°C, eliminando as bactérias (Rodrigues, 2013).

A bomba de calor de AQS apresenta vantagens relativamente ao sistema solar térmico, que está associado à insolação instável e à consequente falta de controle no aquecimento de água para usos sanitários. O sistema solar térmico, conta também com problemas ao nível da temperatura de estagnação e em termos de custo, é um sistema ligeiramente mais caro.

A figura seguinte ilustra a bomba de calor de AQS monobloco com os respetivos elementos e esquema de conexões, da marca *Ofamat 200L*, 1 serpentina.



**Figura 4.5.** Bomba de calor de 200L AQS, *Ofamat*: (a) – Modelo comercial; (b) – Esquema de conexões.

### 4.3. Componentes do Sistema

Nesta secção são apresentados os principais constituintes de uma instalação de bomba de calor de climatização, frequentemente dimensionados e orçamentados durante o estágio.

#### 4.3.1. Depósito/Termoacumulador de AQS

O termoacumulador de AQS é um dos principais elementos do sistema, responsável pela produção e/ou armazenamento de AQS e, de modo a impedir as suas perdas de calor, é revestido com um material isolante. Relativamente à alimentação de AQS, a saída de água quente situa-se na zona superior do equipamento, que alimentará a instalação, enquanto a entrada de água fria é realizada na zona inferior, respeitando a estratificação da água causada pela diferença de densidade. Possui alguns acessórios como, a válvula de segurança e o vaso expansão, descritos seguidamente. Existe uma serpentina por onde circula o fluido térmico, que transfere calor para a água acumulada, logo não existe mistura.

Geralmente, este equipamento possui uma resistência elétrica, no qual só é ativada em casos de necessidade de AQS superior à água acumulada ou *back-up*, caso o sistema de produção de calor falhe. De modo a prolongar a vida útil do depósito, é utilizado um ânodo de magnésio, também conhecido como ânodo de sacrifício, que confere uma proteção catódica, sendo corroído no seu lugar. Deve ser realizada uma inspeção periódica, que varia consoante a região, uma vez que depende da qualidade da água da rede. A maioria das bombas de calor são programadas para aumentar a temperatura da água do termoacumulador de AQS, semanalmente, eliminando a proliferação de bactérias, como a *Legionella*.

A Figura 4.6 ilustra um depósito de AQS de 300L, 1 serpentina, da marca *TherCa*.

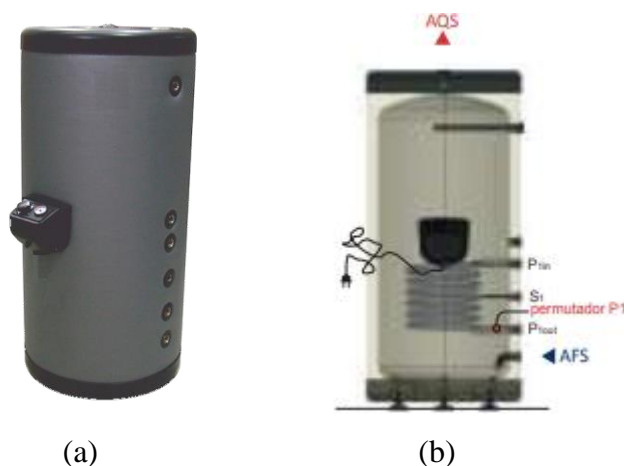
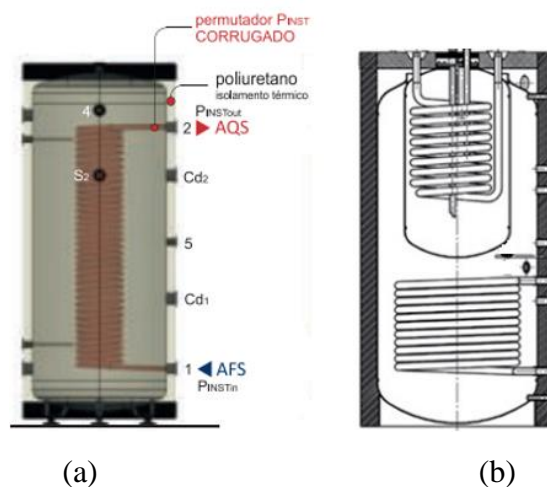


Figura 4.6. Termoacumulador de 300L AQS, *TherCa*: (a) – Exterior do modelo; (b) – Ilustração do interior.

Por outro lado, é possível encontrar modelos, em que o depósito serve de bateria de água quente de aquecimento, com um permutador de maiores dimensões, designados depósitos higiênicos, em que, ao contrário do depósito de AQS, a água sanitária é aquecida instantaneamente. Este modo de funcionamento previne o aparecimento de bactérias como a *Legionella*. Ainda, outra solução para produção de AQS é o depósito combinado.

A Figura 4.7 contém os esquemas do depósito higiênico e combinado, com o intuito de facilitar a explicação sobre o seu funcionamento.



**Figura 4.7.** (a) – Depósito higiênico da marca *TherCa*; (b) – Depósito combinado da marca *BAXI*.

Tanto o depósito higiênico como o depósito combinado apresentam um funcionamento semelhante, apenas difere no modo como a AQS é produzida.

O depósito higiênico possui apenas um depósito, que atua todo ele como inércia, e a AQS é produzida instantaneamente ao passar por uma serpentina que atravessa o circuito primário. Assim, apresenta como principal vantagem, a possibilidade de combinar vários modos de produção de energia térmica, como bomba de calor, sistema solar térmico ou caldeiras (reaproveitamento do cliente). No entanto, este depósito não permite fazer o arrefecimento via piso radiante ou ventiloconvectores, uma vez que seria necessário arrefecer todo o volume.

Já no depósito combinado, existe um segundo depósito mais pequeno, onde se encontra a água de consumo, que por sua vez, está dentro de um maior, onde flui o circuito primário que atua como inércia aquecendo em “banho-maria” a AQS.

Relativamente à orientação do depósito, este é geralmente instalado na vertical para uma melhor estratificação, mas também para melhor aproveitamento do espaço.

### 4.3.2. Depósito de Inércia

O depósito de inércia, conhecido como volante térmico (Figura 4.8), é um acumulador de energia térmica, fabricado normalmente em aço. Este equipamento é revestido com material isolante para reduzir perdas de calor para o ambiente.

Apesar de não obrigatório, é comum ser instalado, visto que promove o aumento da vida útil da bomba de calor. A bomba não necessita de estar em constante processo de arranque/paragem para o emissor térmico, apenas opera para repor a temperatura deste depósito, o que garante uma poupança nos consumos elétricos, pois trabalha menos tempo. Por outro lado, também serve de separador hidráulico, visto que, tanto o circuito a montante como a jusante se tornam independentes, isto é, entre a bomba de calor e o depósito de inércia e o depósito de inércia e os emissores térmicos, respetivamente.

O depósito é conectado aos emissores térmicos e a sua circulação é feita por meio de uma bomba circuladora. Possui um vaso de expansão e um purgador de ar no topo para libertar as bolhas de ar que circulam no sistema, visto que podem contribuir para a corrosão e desgaste das tubulações, além do ruído causado.



Figura 4.8. Depósito de inércia inox 100L, 4 ligações, da marca *Videira*.

### 4.3.3. Elementos de Controlo e Segurança

Os elementos de controlo são responsáveis pelo controlo do sistema, aptos para definir a direção do fluxo, assim como o seu caudal e pressão. Os elementos de segurança são essenciais em qualquer instalação, particularmente quando são sistemas que operam a elevadas pressões, onde uma falha pode danificar o equipamento e causar ferimentos a quem se encontra nas imediações.



#### 4.3.3.1. Comando de Regulação e Controlo

O Comando de regulação e controlo (Figura 4.9), gere os equipamentos de forma eficiente usando uma tecnologia de modulação. É um componente com interface tátil, simples e de fácil configuração que permite o controlo da bomba de calor, basta definir o seu *set-point*. Funciona com um sensor exterior que antecipa as variações do tempo e adapta em tempo real a temperatura de aquecimento. Ainda, permite a monitorização dos consumos e os seus ganhos ambientais, ao nível da redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

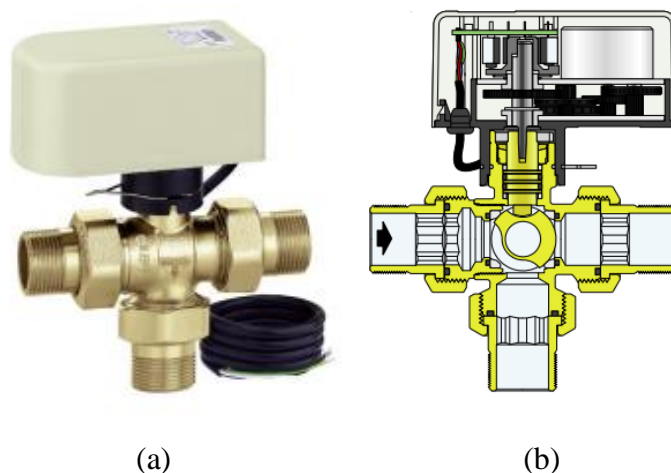


Figura 4.9. Comando de regulação e controlo, da marca Vaillant.

#### 4.3.3.2. Válvula de Três Vias Motorizada

A válvula de três vias motorizada (Figura 4.10) tem como função direcionar o fluido térmico automaticamente, ou seja, encaminha para o termoacumulador de AQS ou depósito de inércia, se o objetivo for produção de AQS ou climatização, respetivamente. Quando a instalação possui uma bomba de calor, a prioridade da válvula é o abastecimento das AQS. A bomba de calor, com apoio de uma sonda de temperatura, saberá quando a temperatura da AQS atingiu o valor definido (*set-point*) e enviará um sinal elétrico para que a válvula altere a sua posição e passe a abastecer o depósito de inércia associado à climatização dos espaços.

Consiste em um “T” com três saídas roscadas, com uma esfera no centro que permite a passagem entre duas destas entradas que é controlada por um motor equipado com transmissão por engrenagem mecânica.



**Figura 4.10.** Válvula motorizada de 3 vias, da marca *Caleffi*: (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.

#### 4.3.3.3. Bomba Circuladora

A bomba circuladora (Figura 4.11) é um equipamento que força o movimento do fluido térmico. Estas são de fácil instalação, bastante económicas e silenciosas. No entanto, a bomba é dimensionada consoante a conjugação da sua curva característica e as condições de trabalho. Além disso, o fluido térmico deverá estar limpo para prolongar a vida útil do equipamento.



**Figura 4.11.** Bomba circuladora Evosta 3, da marca *Evosta*.

#### 4.3.3.4. Válvula de Corte com Retenção Incorporada

A válvula de corte com retenção incorporada (Figura 4.12) combina em um equipamento, dois dispositivos, uma válvula de intercepção de esfera e uma válvula de retenção que se encontra no interior da própria esfera. Assim, a dupla função permite uma instalação mais rápida e requer menos espaço na tubagem. A válvula de intercepção de esfera tem a função de corte, assim, no caso de manutenção ou desmontagem, evita-se a descarga total da instalação. Por sua vez, a válvula de retenção permite que o fluxo circule em apenas uma direção. Evita o retorno do fluido térmico, que pode ocorrer no seguimento de variações de pressão de forma a criar inversão de fluxo.



Figura 4.12. Válvula de corte com retenção incorporada, da marca *Caleffi*.

#### 4.3.3.5. Grupo de Enchimento Automático

A finalidade do grupo de enchimento automático (Figura 4.13) é encher a instalação com água da rede pública quando a pressão na instalação diminui, de modo a manter uma pressão estável, no valor regulado. Este componente conta com uma válvula redutora de sede compensada, um filtro, uma válvula de corte, uma válvula de retenção e ainda um manómetro. Deve ser instalada na tubagem entre o abastecimento da rede pública e o circuito de aquecimento. A regulação é efetuada com uma chave de fendas na parte superior, comprimindo a mola que controlará o fluxo de água a entrar no sistema.

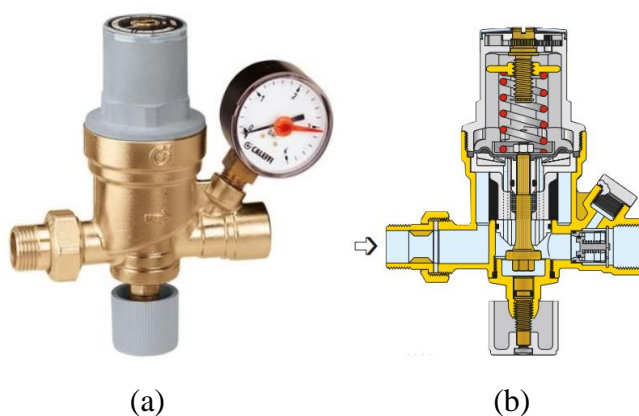


Figura 4.13. Grupo de enchimento automático, marca *Caleffi*: (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.

#### 4.3.3.6. Válvula Misturadora Termostática

A válvula misturadora termostática (Figura 4.14) tem como função manter um valor constante de temperatura para a água no ponto de utilização independente das condições de pressão e temperatura. Este componente é obrigatório, apenas quando existe um sistema solar térmico implementado, no entanto, mesmo no caso de bomba de calor, no sentido de fornecer mais caudal, pode ser uma boa solução.

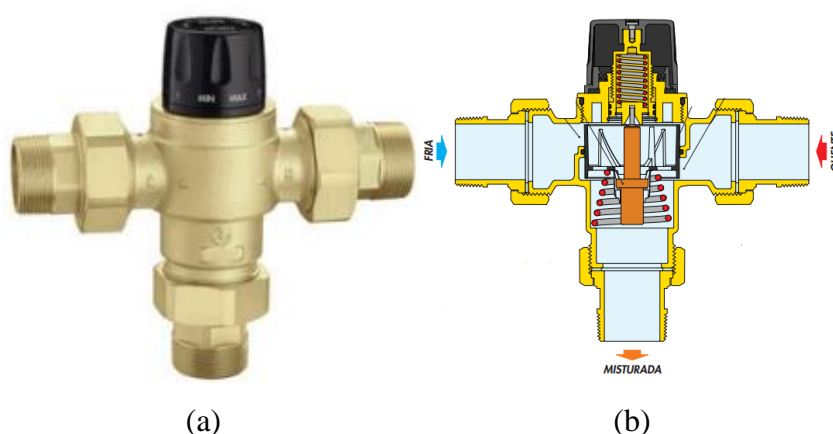


Figura 4.14. Válvula misturadora termostática, marca *Caleffi*: (a) – exterior do modelo; (b) – vista em corte.

#### 4.3.3.7. Válvulas de Segurança

As válvulas de segurança (Figura 4.15) são utilizadas para proteger contra a acumulação de pressão excessiva num sistema fechado, uma vez que o líquido altera o volume consoante a mudança de temperatura. A válvula está equipada com uma pressão de descarga predefinida, determinada pela mola metálica interna, que correspondente à pressão de funcionamento mais elevada do sistema, decrescida de um valor adicional por segurança. Quando a pressão de abertura é alcançada, a válvula liberta a pressão para a atmosfera. São instaladas na tubagem de entrada de água do depósito de AQS e do depósito de inércia.

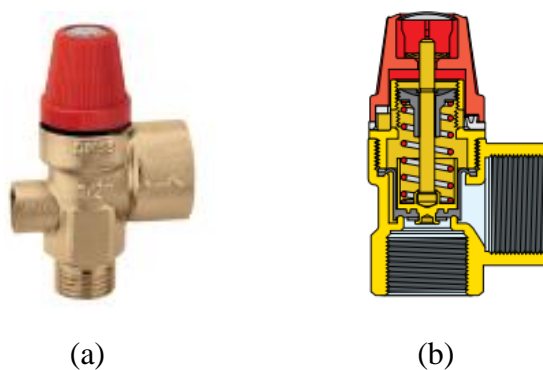
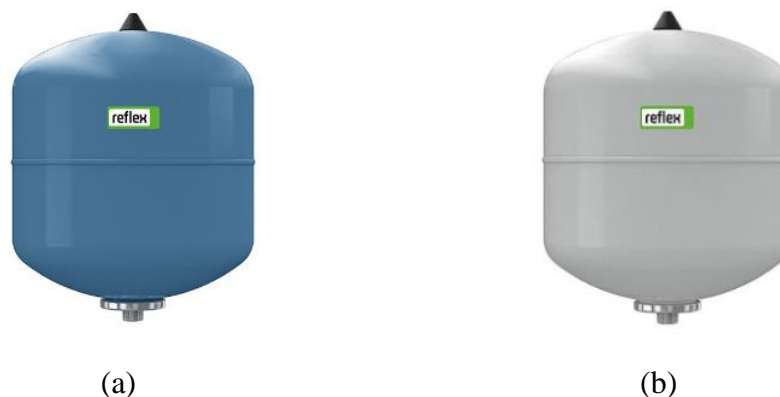


Figura 4.15. Válvula de segurança, marca *Caleffi*: (a) – modelo comercial; (b) – vista em corte.

#### 4.3.3.8. Vaso de Expansão

O vaso de expansão é um recipiente metálico com dois compartimentos separados por uma membrana em borracha, um deles com gás compressível, geralmente azoto que funciona como compensador de dilatação e outro com o fluido da tubagem. Este equipamento é projetado para compensar a pressão decorrente do aumento de volume do fluido térmico provocado pelo aumento de temperatura. O propósito principal deste equipamento é proteger as instalações hidráulicas. Existem diferentes vasos de expansão, cada um deles destinado a uma utilização específica, isto é, para águas quentes sanitárias, para o circuito de aquecimento e para o circuito solar.

A figura seguinte representa dois tipos de vasos de expansão.



**Figura 4.16.** Vaso de expansão, marca *Reflex*: (a) – águas quentes sanitárias; (b) – circuito aquecimento.

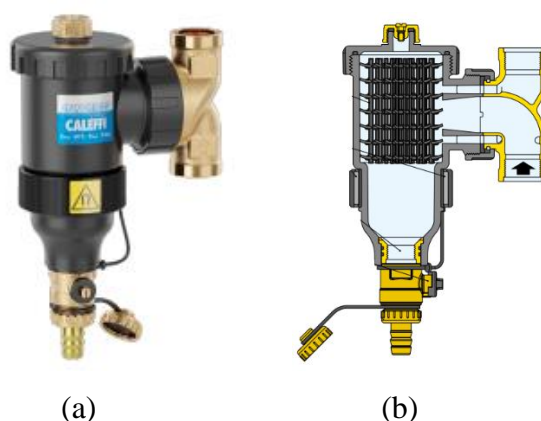
#### 4.3.4. Elementos de Remoção de Sujidade

O filtro Y (Figura 4.17) é um acessório muito útil para reter partículas que circulam no sistema. Possui duas conexões para inserção no sistema hidráulico e uma saída com tampa de rosca. A remoção da tampa de rosca remove o elemento filtrante, que consiste em um cilindro perfurado. As impurezas são retidas na parte inferior do elemento, logo protege a bomba de calor contra danos causados por detritos sólidos.



**Figura 4.17.** Filtro Y, da marca *Caleffi*.

O separador de sujidade magnético (Figura 4.18) ajuda a manter o sistema hidráulico limpo de metais ferrosos e não ferrosos. Possui um conjunto de imãs no centro do filtro que capturam as partículas de ferro, uma vez que devido ao aquecimento e à corrosão, estas partículas começam a circular na tubagem. O permutador no interior das bombas de calor é muito sensível a bloqueios, logo o uso do separador de sujidade representa um aumento da sua vida útil. Note que este componente é útil, uma vez que o filtro Y pode não ser suficiente para manter o sistema limpo de impurezas.



#### 4.3.5. Anticongelante

Uma vez que a bomba de calor de climatização monobloco se situa no exterior, é importante garantir que o líquido no interior do circuito não congele, por isso, adiciona-se o anticongelante, também conhecido como glicol à água da tubagem.

De salientar, que a quantidade de glicol varia, de acordo com a região da instalação, isto é, deve ser adicionada uma determinada quantidade de glicol, de forma a se atingir uma temperatura de solidificação inferior à temperatura mínima no local. Este composto líquido, ligeiramente viscoso à temperatura ambiente, ferve a 198 °C e congela a -37°C.

A figura seguinte ilustra uma unidade de 10L de anticongelante.



#### 4.3.6. Emissor Térmico

Como a bomba é uma tecnologia produtora de energia térmica, é necessário um equipamento que liberte essa energia para o meio. Os emissores térmicos mais comuns a água, são o piso radiante, os ventiloconvectores e os radiadores.

Os radiadores (Figura 4.20) são considerados uma bateria de elementos metálicos e apresentam uma maior compatibilidade com as tradicionais fontes de calor, como caldeiras a gás, gasóleo ou *pellets*, visto que operam a elevadas temperaturas, na ordem dos 75 °C. Conhecidos como os emissores mais comuns, funcionam através da circulação de um fluido térmico no seu interior. O calor é conduzido através do corpo de alumínio e transmitido para o ambiente por convecção natural. O custo de material e instalação é bastante inferior relativamente aos restantes, que torna esta solução economicamente mais viável e apresentam elevada versatilidade e durabilidade. Assim, por todos estes fatores, é a instalação mais encontrada nas habitações.

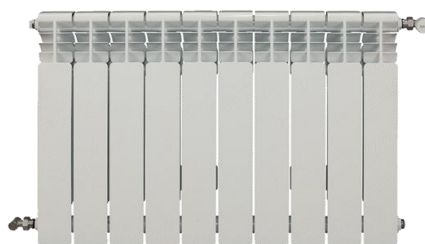


Figura 4.20. Radiador da marca BAXI.

No contexto energético atual aliado aos incentivos existentes que promovem a troca dos equipamentos tradicionais, que operam a combustíveis fósseis, por fontes de calor renováveis, é comum a conjugação de bombas de calor com radiadores, uma vez que é só substituir o equipamento produtor de energia térmica. Ou seja, substitui-se a caldeira por uma bomba de calor de alta temperatura, que trabalha a uma temperatura semelhante.

Por outro lado, o piso radiante (Figura 4.21) é um sistema de aquecimento limpo e eficiente, que utiliza um método complexo de tubagens, por onde circula água quente para emitir energia térmica. Resume-se a “passar” a tubagem por baixo do chão e como o ar quente sobe, todas as divisões estarão com uma temperatura ambiente equilibrada e agradável.

Apresenta-se como um aquecimento eficiente com poupança de eletricidade, uma vez que basta manter a água a uma temperatura, na ordem dos 35 °C, muito distante da temperatura de funcionamento dos radiadores. De facto, o conforto térmico, tanto causado pela sensação de calor nos pés como pela distribuição uniforme de calor é uma mais-valia, bem como, a não ocupação de área útil nas divisões. Porém, nem tudo são vantagens e o elevado preço de aquisição é ainda um grande obstáculo à instalação destes sistemas. Uma reparação neste sistema também é uma operação complexa, visto que a tubagem se encontra por baixo do chão.



**Figura 4.21.** Piso Radiante da marca *Uponor*.

Por fim, os ventiloconvectores (Figura 4.22) são uma solução adequada para aquecimento e arrefecimento dos espaços. Funcionam de um modo muito semelhante ao típico ar condicionado, mas ao invés de gás refrigerante, ocorre mediante a circulação de água, que permite manter uma humidade relativa do ar equilibrada e uniforme. É possível dimensionar várias aplicações, ocultas ou expostas, como cassetes ou unidades de chão. No caso de aquecimento, opera com uma temperatura de água quente de 45 °C, poupando eletricidade.



**Figura 4.22.** Ventiloconvector da marca *BAXI*.



## 4.4. Eficiência Energética

As bombas de calor são consideradas sistemas de elevada eficiência energética, devido à quantidade de energia que retiram do ar. Permitem uma poupança significativa no consumo de energia elétrica para produção de energia térmica e uma redução significativa nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

O desempenho de uma bomba de calor, em condições nominais, é caracterizado pelo *Coefficient of Performance* (COP) no aquecimento e *Energy Efficiency Ratio* (EER) para o arrefecimento, estimado pela razão entre a energia térmica fornecida ao ambiente e a energia elétrica consumida, dado pela seguinte expressão:

$$\text{COP ou EER} = \frac{\text{energia térmica obtida}}{\text{energia elétrica consumida}} \quad (4.1)$$

Se a necessidade é o aquecimento de ar ou água, o COP toma a forma da expressão seguinte:

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{W_{net,in}} \quad (4.2)$$

Sendo,  $Q_H$ , o calor libertado na fonte quente e  $W_{net,in}$ , o trabalho que o compressor tem de absorver.

Por outro lado, se a necessidade é o arrefecimento de ar ou água, o EER toma a forma da seguinte expressão:

$$\text{EER} = \frac{Q_L}{W_{net,in}} \quad (4.3)$$

Sendo,  $Q_L$ , o calor retirado da fonte fria e  $W_{net,in}$ , o trabalho realizado pelo compressor.

O desempenho de qualquer bomba de calor é inversamente proporcional ao gradiente de temperatura ( $\Delta T$ ) entre a fonte fria e a fonte quente, logo quanto maior for o diferencial de temperatura entre os ambientes nos quais se encontram o evaporador e o condensador, menor será o desempenho do sistema.

A eficiência de uma bomba de calor é dada pelo seu COP e EER, no entanto, são valores que correspondem a condições nominais. Assim, não são um bom indicador do consumo real ao longo do ano, uma vez que as condições climáticas variam, logo as temperaturas de permuta entre o fluido frigorigeno e os espaços interiores e exteriores não são constantes.

Deste modo, foi estabelecida uma eficiência sazonal, que fornece a eficiência energética de um equipamento consoante a estação de aquecimento e de arrefecimento, respeitando as flutuações de temperatura e períodos de espera. Este método de classificação foi promovido pela diretiva europeia 2009/125/CE (*Ecodesign ErP, Energy related Products*), que regula o mercado impondo requisitos mínimos relativos ao design e fabrico do produto e pela diretiva europeia 2010/30/UE sobre rotulagem energética (*Labelling Directive*), que indica através de uma etiqueta, o consumo de energia dos equipamentos, sendo-lhes atribuído uma classe energética conforme o nível de eficiência. Por sinal, a rotulagem energética informa o cliente final da eficiência do equipamento, que se traduz em custos de utilização do mesmo, concedendo a possibilidade de escolha de distintas opções no mercado (Daikin, 2024).

Para as bombas de calor elétricas, onde se situam as bombas de calor ar-água, para aquecimento da habitação e produção de AQS, o indicador de eficiência energética é o  $\eta_s$  (*seasonal space heating energy efficiency*) e para arrefecimento,  $\eta_{wh}$  (*Water heating efficiency*). Estes indicadores são enunciados pelo Regulamento UE n.º 811/2013 e Regulamento UE n.º 812/2013. Através deste valor é possível comparar a eficiência de uma bomba de calor com a eficiência de outro equipamento de aquecimento central e produção de AQS (Parlamento Europeu, 2013).

O cálculo do indicador de eficiência energética deve respeitar as condições de teste definidas pelas normas EN 14511 e EN 16147, para as bombas de calor de climatização e/ou produção de AQS e para as bombas de calor exclusivas para a produção de AQS, respetivamente (Portaria n.º 349-B/2013).

Pela diretiva (2013/114/UE) que estabelece as orientações para os Estados-Membros no cálculo da energia renovável obtida a partir de bombas de calor de diferentes tecnologias, é possível determinar a eficiência dos sistemas de energia, onde foram acordadas estatísticas das energias renováveis. A eficiência dos sistemas de energia ( $\eta$ ) foi fixada em 45,5 %.

Assim, o SPF mínimo das bombas de calor elétricas ( $SCOP_{net}$ ) é 2,5 para que a energia seja considerada renovável em conformidade com a Diretiva, como se observa pela figura 4.23. Considera-se  $H_{HP}$ , número anual presumido de horas durante as quais uma bomba de calor tem de fornecer calor à capacidade nominal e SPF, o fator de desempenho sazonal médio estimado, referente ao coeficiente de desempenho sazonal líquido ( $SCOP_{net}$ ) para as bombas de calor elétricas.

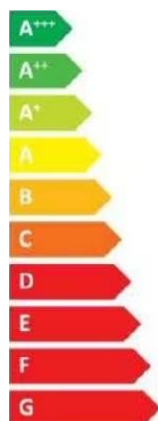
Fonte de energia da bomba de calor:	Fonte de energia e fluido de distribuição	Condições climáticas					
		Clima mais quente		Clima médio		Clima mais frio	
		H <sub>HP</sub>	SPF (SCOP <sub>nom</sub> )	H <sub>HP</sub>	SPF (SCOP <sub>nom</sub> )	H <sub>HP</sub>	SPF (SCOP <sub>nom</sub> )
Energia aerotérmica	Ar-Ar	1 200	2,7	1 770	2,6	1 970	2,5
	Ar-Água	1 170	2,7	1 640	2,6	1 710	2,5
	Ar-Ar (reversível)	480	2,7	710	2,6	1 970	2,5
	Ar-Água (reversível)	470	2,7	660	2,6	1 710	2,5
	Ar de exaustão-Ar	760	2,7	660	2,6	600	2,5
	Ar de exaustão-Água	760	2,7	660	2,6	600	2,5
Energia geotérmica	Solo-Ar	1 340	3,2	2 070	3,2	2 470	3,2
	Solo-Água	1 340	3,5	2 070	3,5	2 470	3,5
Calor hidrotérmico	Água-Ar	1 340	3,2	2 070	3,2	2 470	3,2
	Água-Água	1 340	3,5	2 070	3,5	2 470	3,5

**Figura 4.23.** Valores predefinidos de H<sub>HP</sub> e SPF para bombas de calor elétricas (Diretiva 2013/114/UE).

O regulamento Delegado (UE) n.º 811/2013 define as etiquetas energéticas para os aquecedores de ambiente e para os combinados, isto é, com valência de aquecimento do ambiente e de preparação de água quente.

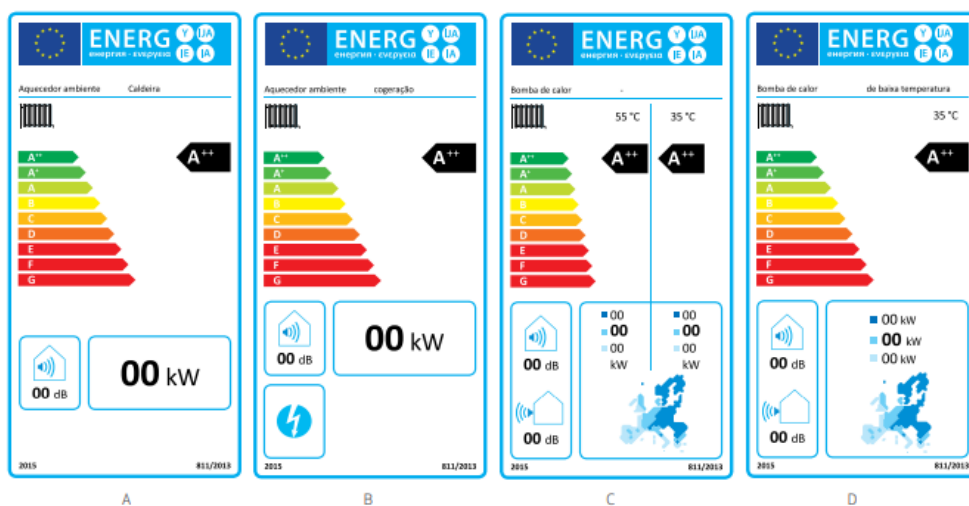
A etiqueta mostra o fornecedor ou marca comercial, identifica o modelo e o tipo de produto identificado pelo pictograma. Ainda, revela os níveis máximos de ruído interior e exterior, potência calorífica nominal e o mapa de temperaturas da Europa. Note que a valência de aquecimento do ambiente é identificada pelo pictograma do radiador e a valência de preparação de água quente pelo pictograma alusivo a uma torneira, acrescido de uma letra indicativa do perfil de carga do aquecedor.

Na união europeia, as classes de eficiência energética (Figura 4.24) são divididas em sete níveis, expressos em letras, sendo A +++ o melhor e G o pior. Conta com cores para reforçar esses níveis, com o vermelho a representar o baixo desempenho e o verde o melhor desempenho.

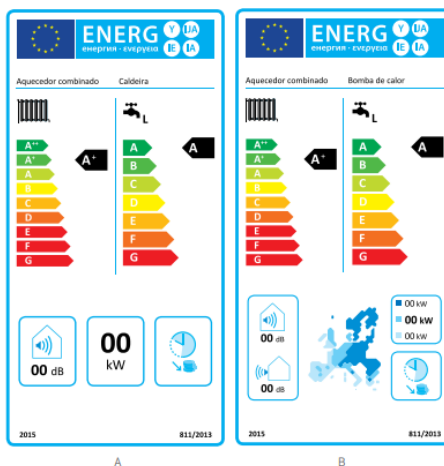


**Figura 4.24.** Classes de eficiência energética.

As figuras seguintes ilustram as etiquetas energéticas para equipamentos de aquecimento de ambiente e para equipamentos de aquecimento combinados.



**Figura 4.25.** Etiqueta energética de aquecedores de ambiente: A) Caldeiras; B) Equipamento de Cogeração; C) Bombas de calor; D) Bombas de calor de baixa temperatura (Label Pack A+, Adene).



**Figura 4.26.** Etiqueta de aquecedores combinados: A) Caldeira; B) Bomba de calor (Label Pack A+, Adene).

## **5. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE AQS**

Durante o estágio, o dimensionamento de projetos de climatização e produção de AQS fizeram parte da rotina diária de trabalho, bem como a respetiva orçamentação, maioritariamente, para o setor residencial. Para se inteirar dos projetos, acompanhou instalações, de modo a perceber as dificuldades sentidas no terreno com a sua montagem.

Este capítulo aborda o dimensionamento de um sistema de climatização e produção de AQS através de uma bomba de calor de climatização e aquecimento central, fundamentado por informações recolhidas em artigos científicos e normas ou guias de recomendação. Apresenta também outras soluções e um plano de manutenção preventiva. Conta com o acompanhamento em obra do sistema dimensionado e de uma manutenção preventiva para um sistema com bomba de calor de climatização e respetivos componentes.

Por fim, é realizada uma análise económica e financeira, de modo a comparar ao nível da eficiência, uma caldeira a gás e bombas de calor de baixa/média temperatura e alta temperatura, consoante o seu emissor térmico.

### **5.1. Síntese do Estágio**

O estágio dividiu-se em três fases distintas, descritas seguidamente.

Inicialmente, recebeu formação em segurança no trabalho e teve oportunidade de conhecer melhor a empresa, as suas áreas de atuação e todos os colegas dos diversos departamentos, facilitando a sua inclusão na empresa.

Após a apresentação inicial, de modo a acompanhar os projetos da empresa, acompanhou várias obras em curso, tanto de sistemas fotovoltaicos como térmicos. Ao fim de dois meses, escolheu-se o tema da dissertação e estabeleceu-se o cronograma das tarefas.

Definidos os detalhes de trabalho, o passo seguinte foi o dimensionamento de soluções de climatização e produção de AQS e o respetivo orçamento, bem como a realização de planos de manutenção preventiva. Nesta fase, aplicou os conhecimentos adquiridos durante o mestrado, aproveitando para analisar catálogos e fichas técnicas, bem como manter contacto com fornecedores dos equipamentos.

Esta experiência e interação com os representantes das diversas marcas fornecedoras abriu portas a algumas formações em áreas específicas, que permitiram melhorar os métodos de trabalho. Por outro lado, presenciou as dificuldades sentidas no mundo empresarial, desenvolvendo o seu sentido crítico. Sempre que possível, seguiu a instalação de alguns sistemas propostos, considerados importantes, para conhecer o seu modo de funcionamento.

## **5.2. Soluções para um Sistema de Climatização e Produção de AQS**

Nesta secção apresentam-se sistemas de climatização e produção de AQS para o setor residencial, consoante as soluções que a empresa oferece, seguindo os requisitos definidos na legislação em vigor Decreto-Lei n.º 101-D/2020.

Por vezes, a melhor solução não vai de encontro ao pedido do cliente, ou seja, não existe melhor solução, mas sim diversas soluções que se podem adaptar ao sistema que o cliente quer ou já possui. Por exemplo, se o cliente não gosta da qualidade do ar e do vento incómodo que o ar condicionado oferece, tem de se optar por outra alternativa, mesma sendo menos económica. Por outro lado, é necessário saber, se o cliente possui potência contratada suficiente para um determinado projeto e se tem possibilidade de realizar obras mais complexas, para a instalação de, por exemplo, piso radiante.

A ferramenta de dimensionamento foi criada pela empresa e utiliza um ficheiro Excel, designado gerador de proposta, que é dividido em várias folhas, uma vez que possui uma folha de identificação do projeto, folhas de dimensionamento consoante o tipo de sistema e folhas de orçamentação para a fonte de calor e emissor térmico, posteriormente convertidas em PDF, formalizando a proposta a enviar ao cliente.

Assim, é apresentado ao detalhe no subcapítulo seguinte, todos os procedimentos e cálculos realizados para o sistema de bomba de calor com aquecimento central.

### **5.2.1. Dimensionamento e Orçamentação do Sistema de Bomba de Calor de Climatização com Aquecimento Central**

Nesta subsecção, é descrito o procedimento para a realização de proposta de uma solução integrada de bomba de calor de climatização com emissão de calor por radiadores, para substituição de uma caldeira a gás mural.

Antes do início de preenchimento do gerador de proposta, é necessário recolher alguns dados, nomeadamente, o tipo de instalação elétrica (monofásica ou trifásica) e a potência contratada do cliente, verificando, caso necessário, se é possível aumentar. São também necessárias informações relativas à moradia, como a planta, o número de habitantes e o tipo de isolamento. Também é importante averiguar se existe algum sistema já instalado e, em caso afirmativo, se pretende aproveitar algum equipamento (se cumprir com as especificações do sistema novo e apresentar boas condições físicas). Em muitos casos, um contacto com o cliente pode ajudar a perceber melhor as várias possibilidades e se existe as devidas condições, uma vez que a implementação destes projetos pode não ser de fácil compreensão.

Consoante a informação recolhida, é possível iniciar a proposta. A folha inicial, representada pela Figura 5.1, inclui todos os dados do cliente e o tipo de sistema pretendido.

Trata-se de uma habitação monofásica, com potência contratada de 6,9 kVA, situada em Coimbra, que corresponde à zona climática I2 e V2 com temperatura mínima exterior, para o Inverno de 0 °C, como se verifica pelo Anexo C.

O Anexo C, representa algumas tabelas do manual prático de aquecimento central doméstico da BAXI ROCA, 2005, marca renomada que servirá como base de sustentação para o dimensionamento dos radiadores.

**sunenergy** Engenharia

### Gerador de Propostas Climatização

---

**DADOS GERAIS DO PROJETO**

Tipo de Proposta: Com Memória Descritiva

Delegação	Coimbra
Data	3 de julho de 2024
Técnico responsável	Filipe Gomes
Nº da Proposta	01
Nº da Revisão	00
Referência	CBR_CLM_24_01_REV00
Nome do projeto/cliente	Nome do cliente
Localidade	Local da instalação
Distrito	Coimbra
Caraterização do edifício	uma habitação

---

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA** (APLICÁVEL APENAS A PROPOSTA COM MEMÓRIA DESCRITIVA)

Tipo de Sistema	aquecimento central e AQS	
Tipo de Instalação	AQC (Só quente)+ AQS	
Fonte de Calor	Bomba de Calor	
Sistema de Difusão de energia	Nenhum	Radiadores
Rendimento da Fonte de Calor (Aq.)	2,80	
Rendimento da Fonte de Calor (Arref.)	-	
Meses de Inverno	6	meses
Meses de Verão	6	meses
Potência necessária (Aq.)	12,09	kW
Potência necessária (Arref.)	-	kW
Nº de horas em funcionamento	5	h
Litros de água aquecida (AQS)	200	L/dia

Qual o sistema existente?

Figura 5.1. Folha inicial com informações do projeto.

Alguns parâmetros são preenchidos posteriormente, como a potência térmica total e o rendimento (COP/EER) da bomba de calor de climatização, uma vez que é necessário primeiro dimensioná-la para o caso de estudo em questão.

De seguida, são necessárias informações relativas às características da habitação (moradia, apartamento em edifício com aquecimento, apartamento em edifício sem aquecimento), o tipo de isolamento (sem isolamento, isolamento regular e bom isolamento) e a temperatura exterior mínima, de modo a definir os fatores, Fator A, Fator B e Fator C, respetivamente, de acordo com valores pré-definidos, no Anexo C.

Para efetuar o cálculo das necessidades térmicas de uma habitação, deve-se determinar as perdas de calor por transmissão nas paredes, janelas, chão, teto, portas e as perdas por infiltrações de ar, para cada divisão. Trata-se de multiplicar a superfície do local pelos três fatores, em função das características e situação da habitação, que se descrevem:

Fator A: varia em função do uso a que se destina a habitabilidade do local, a localização no contexto do edifício e o regime de aquecimento que se utilize no edifício. Neste caso, é uma vivenda de um só andar com aquecimento central. Fator em  $\frac{kcal/h}{m^2}$ .

Fator B: coeficiente corretor, aplica-se com base na temperatura de cálculo do exterior do edifício para as diferentes áreas geográficas de Portugal. Pelo Anexo C, observa-se a distribuição dos concelhos de Portugal Continental segundo as zonas climáticas e as respetivas condições nominais exteriores. Em Coimbra, para uma temperatura mínima exterior de 0 °C, corresponde um fator B de 1.

Fator C: fator que regula as necessidades a partir do tipo de construção, com base na antiguidade do edifício e, conseqüentemente, o tipo de isolamento. Considera-se para a habitação em questão, um isolamento regular, logo um Fator C de 1,2.

Geralmente, pela planta da habitação, é definida cada divisão e a respetiva área.

Assim, pela Equação 5.1 é calculada a potência térmica exigida em cada espaço futuramente climatizado, de acordo com o Anexo C, em que F1, F2 e F3 correspondem aos Fatores A, C e B, respetivamente, descritos anteriormente.

$$Potência [kcal/h] = Área [m^2] \times F1 \left[ \frac{kcal/h}{m^2} \right] \times F2 \times F3 \quad (5.1)$$

Como 1 cal corresponde a 4,184 J, a conversão para kW é dada pela Equação 5.2.





$$\Delta T = \frac{T_{entrada} + T_{saída}}{2} - T_{ambiente} \quad (5.3)$$

Com:

$T_{entrada}$  = Temperatura entrada da água no radiador;

$T_{saída}$  = Temperatura saída da água no radiador;

$T_{ambiente}$  = Temperatura ambiente do espaço.

Substituindo, consoante os valores da norma referida:

$$\Delta T = \frac{75 + 65}{2} - 20$$

$$\Delta T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Definido o diferencial térmico, é consultada a ficha técnica do radiador, apresentada pela Figura 5.3, com a potência térmico por elemento. Geralmente, a empresa utiliza o modelo Condal 70 da marca BAXI.



		Condal				
		45	60	70	80	
Pressão máx. trabalho	bar	20	20	20	20	
Temperatura máx. trabalho	°C	110	110	110	110	
Cotas	Altura (A)	mm	423	574	675	775
	Entre eixos (B)	mm	350	500	600	700
	Largura (C)	mm	80	80	80	80
	Profundidade (D)	mm	95	95	95	95
Peso	kg	1,08	1,36	1,53	1,69	
Capacidade água	l	0,26	0,33	0,35	0,4	
Potência por elemento (1)	$\Delta T = 30^\circ$	W	46,1	58,3	67,3	75,6
	$\Delta T = 40^\circ$	W	67,1	84,8	98	110,3
	$\Delta T = 50^\circ$	W	89,6	113,3	131,4	147,7
Expoente "n" curva característica (1)		1,3	1,3	1,31	1,31	
Fornecimento	Em baterias de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 elementos					
Referência (2)		72645xx	72660xx	72670xx	72680xx	
Preço / Elemento		21,90 €	22,20 €	26,30 €	29,60 €	

**Figura 5.3.** Potência por elemento do radiador Condal (Catálogo Tabela Condal, BAXI 2024).

Definida a potência por elemento, aliada à potência por divisão, é possível determinar o número de elementos necessários para satisfazer a necessidade de aquecimento de cada espaço. Ora, pela Equação 5.4, é calculado o número de elementos por divisão.

$$\text{Número de elementos por divisão} = \frac{\text{Potência exigida por divisão [kW]}}{\text{Potência por elemento [kW]}} \quad (5.4)$$

A folha de cálculo indica, para cada divisão, o número de elementos e procede ao somatório de todas as potências a fim de encontrar a potência total, que irá ditar a escolha da bomba de calor de climatização.

De salientar que é necessário perceber se existe alguma restrição de espaço ou pré-instalação, uma vez que pode limitar o número de elementos ou o número de radiadores a instalar por divisão, respetivamente. Deste modo, apela-se ao sentido crítico para cada situação. Como sugestões, seguem-se:

- 1) No caso de escadas ou corredores, que são locais com elevada perda de calor, deve-se aumentar o resultado em 15 %.
- 2) Para a cozinha, que é considerado uma área com muito mobiliário e uma maior temperatura ambiente, devido às cargas térmicas dos aparelhos elétricos, deve-se reduzir o resultado em 10 %.
- 3) Deve-se distribuir os radiadores de maneira equilibrada, evitando colocar um radiador com mais de 15 elementos, devido a perdas de eficiência térmica.

Obtém-se a Figura 5.4, com a soma da potência de cada divisão, o número de radiadores e respetivos elementos.

Nº	Divisão	Área [m <sup>2</sup> ]	Nº Elementos calculados	Nº Elementos propostos	Nº Radiadores	Potência proposta		Potência		WC Totalheiro
						[kcal/h]	[kW]	[kcal/h]	[kW]	
1	Sala	9,1	10	10	1	1130,04	1,31	1037,40	1,21	
2	Sala	22,75	23	23	2	2599,09	3,02	2593,50	3,02	
3	Hall	5,35	5	5	1	565,02	0,66	462,24	0,54	
4	Banho Int.	6,4	5	5	1	565,02	0,66	552,96	0,64	1
5	Quarto	10,65	10	10	1	1130,04	1,31	1099,08	1,28	
6	Quarto	10,85	10	10	1	1130,04	1,31	1119,72	1,30	
7	Banho Ext.	4	5	5	1	565,02	0,66	480,00	0,56	1
8	Quarto	19	18	18	2	2034,07	2,37	1960,80	2,28	
9	Corredor	10,36	6	6	1	678,02	0,79	609,17	0,71	
<b>Total</b>				<b>92</b>	<b>11</b>			<b>9914,87</b>	<b>11,53</b>	<b>2</b>
			<b>98,46</b>	<b>92</b>	<b>86</b>	<b>9</b>	<b>10396,368</b>	<b>12,09</b>		

Figura 5.4. Cálculo da potência final da habitação.

Calculada a potência total de 12,09 kW indicados na figura anterior, procede-se à seleção da bomba de calor de climatização. É escolhida a bomba de calor de 14,3 kW da *Vaillant*, modelo *aroTHERM plus*, uma bomba de calor de alta temperatura, compatível com o funcionamento dos radiadores, ou seja, capaz de produzir uma potência térmica igual ou superior à calculada, para uma instalação de aquecimento central, cuja temperatura associada é superior a 55 °C. O conhecimento do tipo de instalação elétrica na habitação é crucial para selecionar entre bomba de calor monofásica ou trifásica.

Neste caso, para a habitação monofásica, a bomba de calor consegue suprir 100 % das necessidades térmicas da habitação, porém, no caso desta não colmatar, é necessário ter sentido crítico e perceber se é necessário propor duas bombas de calor que representará um investimento muito superior ou recomendar uma gestão dos radiadores, uma vez que nem todas as divisões têm a devida utilização e relevância. No entanto, a decisão final será sempre do cliente. As características técnicas da bomba de calor aerotérmica escolhida são apresentadas no Anexo D.

Concluída a fase de dimensionamento do aquecimento central, procede-se à realização da orçamentação. Nesta folha de cálculo é contabilizada, além da bomba de calor, os diversos componentes descritos no capítulo 4, os acessórios e ainda os custos de instalação, como mão de obra e deslocação.

O diâmetro da tubagem é determinado através do *software Pipe Sizer* da *Caleffi*. Preenchendo determinados parâmetros, como o comprimento e tipo de tubo, o caudal e características do fluido é determinada a velocidade, densidade e o diâmetro, como se verifica pela figura seguinte.

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 10 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 32-26

---

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 65 °C

Caudal de projeto: 2065 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

---

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
498 mm c.a.	49.78 mm c.a./m	1.08 m/s	980.52 kg/m <sup>3</sup>	26 mm	32 mm

Figura 5.5. Cálculo do diâmetro do tubo multicamada.

Os parâmetros inseridos, aliados à perda de carga estimada, delimitam superior e inferiormente os valores de diâmetro pretendidos, como mostra a Figura 5.6.

Selecionar o tubo desejado

Tubo	$\Delta P$ mm c.a.	r mm c.a./m	Velocidade m/s	
26-20	1731	173.11	1.83	<b>Selecionar</b>
32-26	498	49.78	1.08	<b>Selecionar</b>
40-33	160	16.04	0.67	<b>Selecionar</b>

Figura 5.6. Valores de diâmetro para as respetivas perdas de carga e velocidades.

A velocidade do fluido térmico deve estar compreendida entre 0,5 m/s e 1,5 m/s e as perdas de carga devem ser reduzidas. Portanto, existem catalogados tubos multicamada de 32 mm de diâmetro externo, tubo escolhido para o projeto, uma vez que apresenta uma velocidade estimada de 1,08 m/s, valor compreendido entre os valores referidos anteriormente.

Este programa, vai de encontro à Equação 5.5, que representa o cálculo manual do diâmetro, mas conta com a inserção de características da tubagem e do fluido, que torna o cálculo mais assertivo, motivo pelo qual foi utilizado, bem como a sua facilidade de utilização.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} \quad (5.5)$$

Sendo  $D$  o diâmetro interno em metros,  $Q$  o caudal da tubagem em  $\text{m}^3/\text{s}$  e  $v$  a velocidade do fluido em m/s. Considerando  $1\text{L} = 1\text{kg}$  de água, os resultados são semelhantes, de modo a confirmar a veracidade do *software*.

Com a informação do número de habitantes e a tipologia da habitação, é possível calcular o volume do termoacumulador de AQS, respeitando os padrões da legislação (Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho), cujo consumo médio diário de referência é determinado em função do número de habitantes da habitação ( $\eta_{oc}$ ) e da existência de sistemas de eficiência hídrica ( $f_{eh}$ ) nos sistemas de duche, conforme equação seguinte.

$$\text{Consumo médio diário [litros]} = 40 \times \eta_{oc} \times f_{eh} \quad (5.6)$$

Ora,  $\eta_{oc}$  representa o número de ocupantes do edifício em função da tipologia, conforme a Tabela 94 do despacho referido, ilustrada no Anexo E. O fator de eficiência hídrica,  $f_{eh}$ , aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, assume o valor de 0,9 para sistemas de duche com rótulo A ou superior e um valor de 1 nos restantes casos, incluindo na ausência da referida certificação e rotulagem.

Assim, sendo um T3, através da equação anterior é determinado o consumo médio diário.

$$\text{Consumo médio diário [litros]} = 40 \times 4 \times 1$$

$$\text{Consumo médio diário} = 160 \text{ L}$$

Através de uma análise de gamas disponibilizadas pelos fornecedores da empresa, escolhe-se um termoacumulador de AQS com um volume de acumulação de 200 litros.

Neste caso, termoacumulador 200 litros inox AISI 316, da marca *Ofamat*, com 1 serpentina para o cliente implementar um sistema solar térmico.

Por vezes, o cliente pede um termoacumulador de 300 litros, valor acima mais próximo, no sentido de permitir uma margem de segurança para a eventualidade de ocorrer um consumo acima dos valores de referência indicados na Portaria n.º 138-I/2021.

Relativamente ao depósito de inércia, o seu volume depende, essencialmente do circuito de radiadores instalados na residência. Tem como objetivo a separação hidráulica dos circuitos, o que permite equilibrar os caudais de ambos, evitando a constante solicitação de potências elevadas, logo poupará energia, bem como prolongará a vida útil da bomba de calor, uma vez que assegura durante um certo tempo, a temperatura no circuito de radiadores. Como recomendação dos fornecedores, selecionou-se um depósito de inércia de 100 litros.

A bomba circuladora é dimensionada, novamente, com o apoio do *software Pipe Sizer* da *Caleffi*, uma vez que é necessário determinar as perdas de carga. Assim, o ponto de partida é o cálculo do caudal que circula na tubagem de aquecimento da habitação.

Obtida a potência térmica total da habitação, calculada anteriormente, é possível determinar o caudal,  $\dot{m}$ , através da equação seguinte.

$$P [kW] = \frac{\dot{m}}{3600} \left[ \frac{kg}{h} \right] \times C_p \left[ \frac{kJ}{kgK} \right] \times \Delta T [K] \quad (5.7)$$

Substituindo:

$$\dot{m} = \frac{12,09 \times 3600}{4,19 \times (75 - 65)}$$

$$\dot{m} = 1039 \text{ kg/h}$$

Em que,  $P$  representa a potência térmica total da habitação,  $C_p$  representa o calor específico da água para um valor médio de 70 °C e  $\Delta T$ , a diferença das temperaturas de entrada e saída dos radiadores.

Com o caudal determinado, finaliza-se o preenchimento do *software* (Figura 5.7 e 5.8), que verificará, consoante o diâmetro, a velocidade e a perda de carga associada.

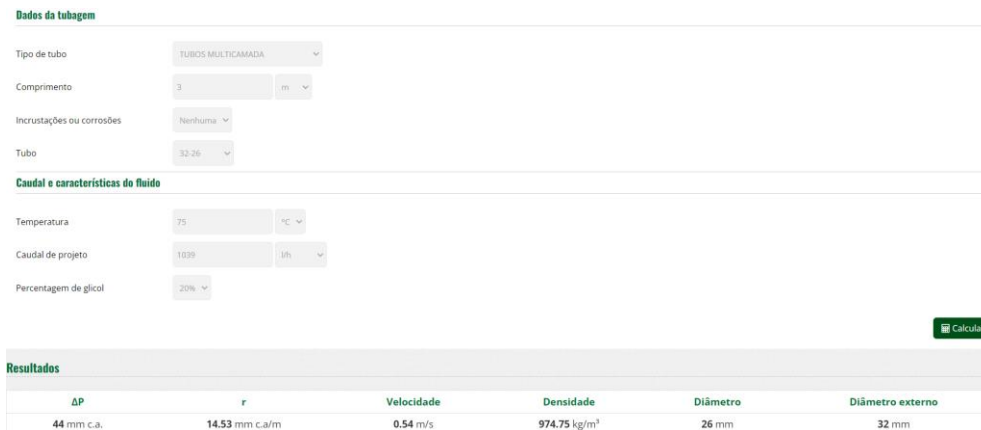


Figura 5.7. Cálculo da perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  32 mm no sentido de ida.

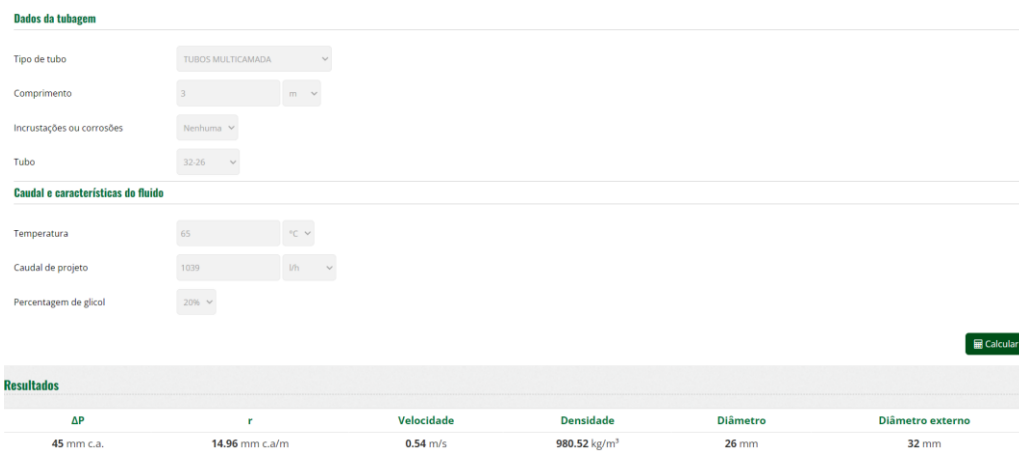


Figura 5.8. Cálculo da perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  32 mm no sentido de retorno.

Para o caudal máximo da instalação, selecionou-se uma tubagem de 32 mm de diâmetro externo, que está dentro dos valores normais de velocidade e perda de carga distribuída. O programa calcula consoante o caudal, a perda de carga localizada para vários tipos de curva (curva estreita, normal ou larga), bifurcações e alguns tipos de válvulas. Assim, o cálculo da perda de carga localizada será apresentado pela Figura 5.9.

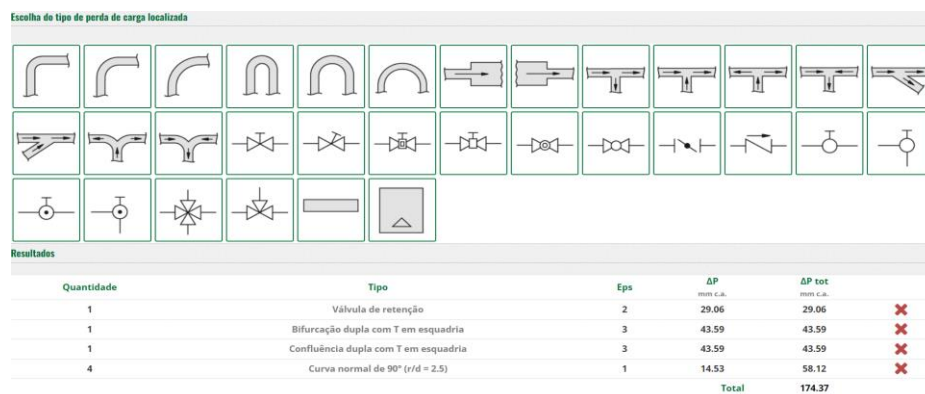


Figura 5.9. Perda de carga localizada para  $D_{\text{externo}}$  32 mm no sentido de ida e retorno.

Portanto, para a tubagem de 32 mm de diâmetro externo, a perda de carga é o soma da perda de carga distribuída e perda de carga localizada.

Uma vez que o cliente já tem a tubagem instalada, estimaram-se as curvas, bem como o comprimento para os diferentes diâmetros dos ramais, visto que a totalidade do circuito contém tubagem com 32 mm, 25 mm, 20 mm e 16 mm de diâmetro externo.

De modo a contabilizar tanto a perda de carga distribuída como localizada para os diferentes comprimentos e diâmetros da tubagem, segue no Anexo F o seu cálculo.

A perda de carga total é o somatório da perda de carga distribuída e localizada, de todos os ramais, e encontra-se representada pela equação 5.8.

$$\Delta P_{total} [mm \text{ c. a.}] = \Delta P_{distribuída \text{ total}} + \Delta P_{localizada \text{ total}} \quad (5.8)$$

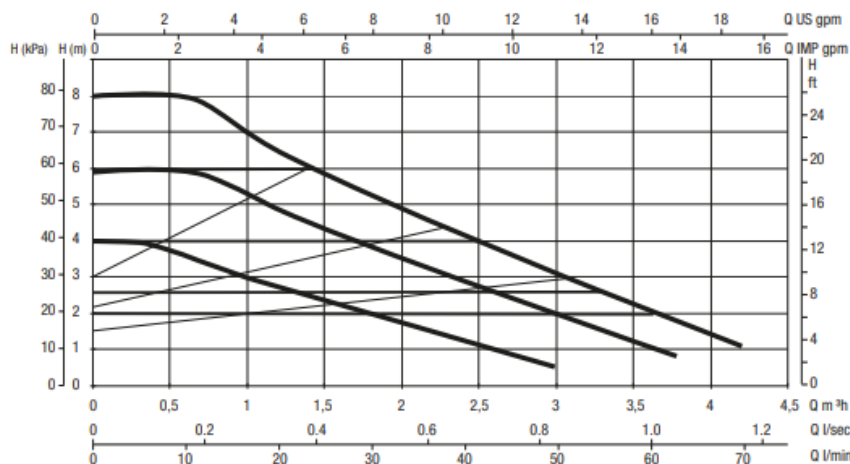
Logo:  $\Delta P_{total} = 1\,107 + 758,02$

$$\Delta P_{total} = 1\,865,02 \text{ mm c. a.}$$

Convertendo, pela Equação 5.9:

$$\Delta P_{total} [kPa] = \Delta P_{total} [mm \text{ c. a.}] \times 1 \times 10^{-3} \times 9,8 = 18,28 \text{ kPa} \quad (5.9)$$

Por fim, a Figura 5.10, representa o gráfico da perda de carga consoante o caudal da bomba circuladora *Evosta 3 80/180*. De facto, para um caudal máximo de 1,039 m<sup>3</sup>/h, esta bomba opera até aos 52 kPa, um pouco sobredimensionada, mas considera-se que a perda de carga calculada é uma estimativa, certamente inferior ao valor real.



**Figura 5.10.** Curva característica da bomba circuladora *Evosta 3 80/180*, da marca *Evosta*.

Para o correto funcionamento da bomba de calor de climatização, são orçamentados os acessórios de segurança hidráulica, nomeadamente o vaso de expansão e o grupo de segurança para o termoacumulador.



O vaso de expansão de AQS deve ser calculado consoante o sistema onde estará inserido, através do catálogo da marca *Caleffi*, designado “O Dimensionamento De Instalações Hidrossanitárias”. Este componente compensa o aumento de volume da água provocado pela sua subida de temperatura, garantindo a segurança do termoacumulador.

Este método permite o cálculo, mas apenas considerando a expansão da água que ocorre no termoacumulador. A expansão que ocorre nas redes de distribuição e de recirculação não é contabilizada, uma vez que se desconhece o diâmetro das tubagens de distribuição de AQS e o respetivo comprimento.

Assume-se que a temperatura média da água da rede pública de abastecimento no inverno é cerca de 10 °C, de acordo com o catálogo. Já o *set-point* de temperatura definido na bomba de calor, para efeitos de cálculo utiliza-se o valor máximo indicado na ficha técnica, 75 °C.

Através da Figura 5.11, encontram-se os coeficientes de expansão da água em relação a uma temperatura de 4 °C, valor aproximado em que a água apresenta um volume mínimo.

T	e	T	e
0°C	0,0001	5°C	0,0000
10°C	0,0003	15°C	0,0009
20°C	0,0018	25°C	0,0030
30°C	0,0043	35°C	0,0058
40°C	0,0078	45°C	0,0098
50°C	0,0121	55°C	0,0145
60°C	0,0170	65°C	0,0198
70°C	0,0227	75°C	0,0258
80°C	0,0290	85°C	0,0324
90°C	0,0359	95°C	0,0396
100°C	0,0434		

**Figura 5.11.** Coeficientes de expansão da água.

Para a temperatura de 10 °C, o coeficiente de expansão da água à temperatura de entrada ( $e_0$ ) é de 0,0003 e o coeficiente de expansão da água à temperatura máxima de saída ( $e_b$ ) de 75 °C é de 0,0258.

Por outro lado, é importante definir a pressão absoluta de alimentação do termoacumulador, designada  $P_a$ , igual à pressão máxima de alimentação da rede, acrescida do valor da pressão atmosférica (1 bar). O dimensionamento de uma rede hídrica deve assegurar o caudal nominal em cada ponto de consumo de água, por isso convém assegurar uma pressão, ( $P_a$ ) compreendida entre 1,5 e 3 bar. Considerando uma pressão relativa da rede de 3 bar, a pressão absoluta de alimentação da rede, ( $P_a$ ) é de 4 bar.

Outro dado também relevante é a pressão absoluta máxima de funcionamento da instalação, designada  $P_e$ , calculada somando a pressão de descarga da válvula de segurança,  $P_{vs}$ , no caso 6 bar, à qual é retirado um valor de 10 %, com a pressão atmosférica.

A Equação 5.10, mostra o seu cálculo:

$$P_e = 0,9 \times P_{vs} + 1 \quad \text{se } P_{vs} > 5 \text{ bar} \quad (5.10)$$

Substituindo:

$$P_e = 0,9 \times 6 \text{ bar} + 1$$

$$P_e = 6,4 \text{ bar}$$

Resumindo, os valores necessários para o cálculo do volume do vaso de expansão de AQS são os seguintes:

- Volume do termoacumulador, ( $V_t$ ): 200 L
- Coeficiente de expansão da água à temperatura de entrada, ( $e_0$ ): 0,0003
- Coeficiente de expansão da água à temperatura máxima de saída, ( $e_b$ ): 0,0258
- Pressão absoluta de alimentação da rede, ( $P_a$ ): 4 bar
- Pressão absoluta de funcionamento, ( $P_e$ ): 6,4 bar

Pela Equação 5.11, obtém-se o volume do vaso de expansão de AQS, designado  $V_v$ .

$$V_v = \frac{V_t \times (e_b - e_0)}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \quad (5.11)$$

Substituindo pelos valores já determinados:

$$V_v = \frac{200 \times (0,0258 - 0,0003)}{1 - \frac{4}{6,4}}$$

$$V_v = 13,6 \text{ L}$$

Obtém-se um volume de 13,6 litros, considerado um valor mínimo de referência, pelo que é escolhido um vaso de expansão de AQS de 18 litros, equipamento catalogado mais próximo do valor determinado.

O Vaso de expansão para o circuito dos radiadores (AQC), responsável pela absorção das variações de volume do fluido térmico no circuito fechado de aquecimento, é também dimensionado de acordo com o catálogo técnico da marca *Caleffi*. Todo o cálculo encontra-se no APÊNDICE A. Assim, como o valor mínimo de vaso de expansão catalogado mais próximo é de 25 L, será esse o escolhido.

Tendo por base os elementos atrás selecionados, a Figura 5.12 faz o descritivo do orçamento da instalação para o sistema com bomba de calor de climatização.

Note que não são contabilizados os radiadores, uma vez que a habitação já os possui.

PROPOSTA BOMBA DE CALOR #2			Margem					
Designação	Qt.	Preço	Valor (s/ desc)	Desc	Desc Valor (C/ desc)	Valor	Margem	REF. (opcional)
Bomba de Calor Vaillant aroTHERM 14,3kW Alta Temperatura Monofásica	1	10 933,00 €						
Termoacumulador 200L Inox AISI 316	1	979,00 €						
Acumulador de Inércia VS Inox 100L 4 Ligações	1	505,73 €						
Circulador Evosta 3 80/180 1 1/2	1	209,05 €						
Válvula Motorizada de 3 Vias	1	89,49 €						
Motor p/ Válvula Misturadora	1	129,58 €						
Sinoblocos p/ aroTHERM	1	23,70 €						
Separador Sujidade Magnético c/ Isolamento	1	172,24 €						
Vaso de Expansão AQC 25L	1	49,27 €						
Válvula de Enchimento Automático 1/2	1	54,04 €						
Purgador de Ar Automático 1/2x2,5 bar	1	7,14 €						
Válvula de Segurança 1/2x3 bar FF	1	10,03 €						
Anticongelante Glicol 10L	4	70,30 €						
Vaso de Expansão AQS 18L	1	54,94 €						
Filtro Y latão	1	12,40 €						
Tubagens e Acessórios	1	150,00 €						
Projeto, Instalação e Arranque da Obra	1	1 021,15 €						
			Custos					
			Sub Total Com Margem		12 075,47 €			
			IVA 6%		724,53 €			
			Valor Final		12 800,00 €			

Figura 5.12. Descrição e orçamentação do sistema com bomba de calor de climatização.

Para a instalação deste tipo de sistema, estima-se 5 dias úteis, com uma equipa de dois técnicos.

Com a conclusão da proposta (dimensionamento e orçamentação), resta preencher dados relativos à bomba de calor e às necessidades térmicas da habitação.

A proposta é revista, verificada e validada pelos responsáveis da empresa, neste caso, o diretor do departamento de climatização, o gestor comercial e por fim o diretor do departamento comercial. A proposta é enviada ao cliente, juntamente com as fichas técnicas dos principais equipamentos, tais como a bomba de calor de climatização, termoacumulador e depósito de inércia.

A proposta para o cliente encontra-se no Anexo G, onde se apresenta uma breve descrição dos sistemas a instalar, algumas características dos equipamentos e um gráfico de consumo. São ainda descritos os componentes principais da instalação, bem como as condições de pagamento, garantias e o valor final da instalação.

### 5.2.1.1. Esquema de Princípio da Instalação

Depois do projeto ser adjudicado, é elaborado um esquema de princípio (Figura 5.13), essencial para orientação e planeamento da obra, principalmente quando é um sistema combinado de aquecimento central e produção de AQS.

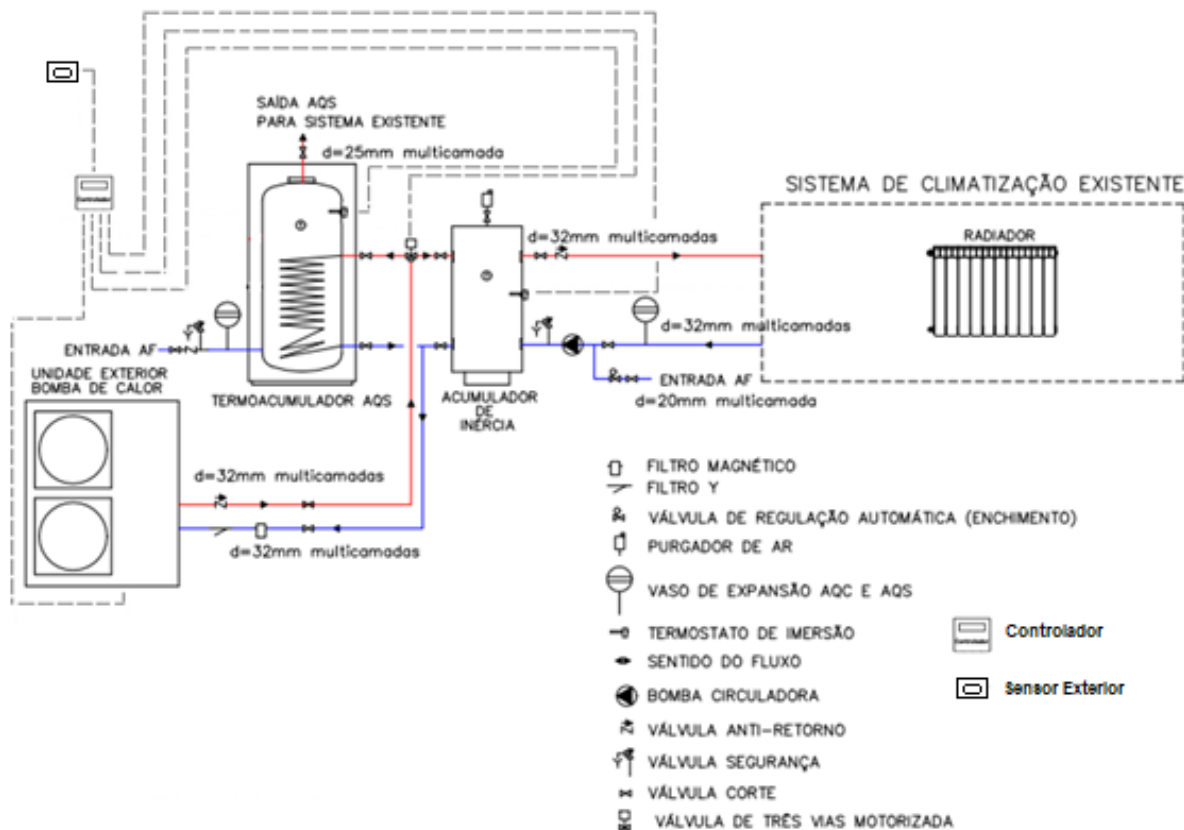


Figura 5.13. Esquema de princípio do projeto dimensionado.

Como a bomba de calor instalada é uma unidade monobloco, a circulação até ao termoacumulador é feita por uma mistura de água e glicol, designada fluido térmico, através de uma bomba de circulação incorporada na própria bomba de calor. A válvula de 3 vias direciona o fluido térmico para o termoacumulador ou para o depósito de inércia. A regulação desta válvula é feita através do controlador da bomba de calor, com base na informação dos sensores de temperatura nos depósitos.

Para que a AQC circule pelos radiadores é necessária uma bomba de circulação, inserida no retorno do fluido térmico ao depósito de inércia.

O vaso de expansão de AQS é instalado na entrada de água fria do termoacumulador, entre o grupo de segurança e o grupo produtor de água quente, e o vaso de expansão de AQC é instalado no retorno do fluido térmico ao depósito de inércia, antes da bomba de circulação.

### **5.2.2. Apresentação do Sistema de Bomba de Calor de Climatização com Piso Radiante**

Neste subcapítulo é apresentada uma segunda solução de climatização, constituída por bomba de calor de climatização e piso radiante. Devido à complexidade da instalação para promover o arrefecimento, a empresa apenas instala esta solução para aquecimento.

Uma vez que o piso radiante se trata de um sistema de tubagens repartido por todo o pavimento da habitação, esta solução é recomendada quando a moradia se encontra em fase de construção ou em grande remodelação. Neste caso, a bomba de calor só precisa de manter a temperatura da água a 35 °C, classificada como baixa/média temperatura.

Tal como na secção 5.2.1, para a análise deste sistema, é necessário recolher os mesmos dados técnicos. Geralmente, são excluídas algumas divisões como garagem, anexos e arrumos, porém deve ser confirmado com o cliente, uma vez que, pode mais tarde, querer utilizar com mais frequência ou dar outra utilidade a este tipo de espaços.

Usualmente, é instalada uma caixa coletora por piso, onde cada uma pode albergar entre 2 e 12 circuitos. Cada circuito não deve ultrapassar os 115 metros, limite imposto para não comprometer a eficiência da transmissão de calor. Este comprimento varia consoante a área da divisão, a distância entre o circuito e o coletor e o passo do circuito, definido com 20 centímetros para aquecimento e 15 centímetros para arrefecimento.

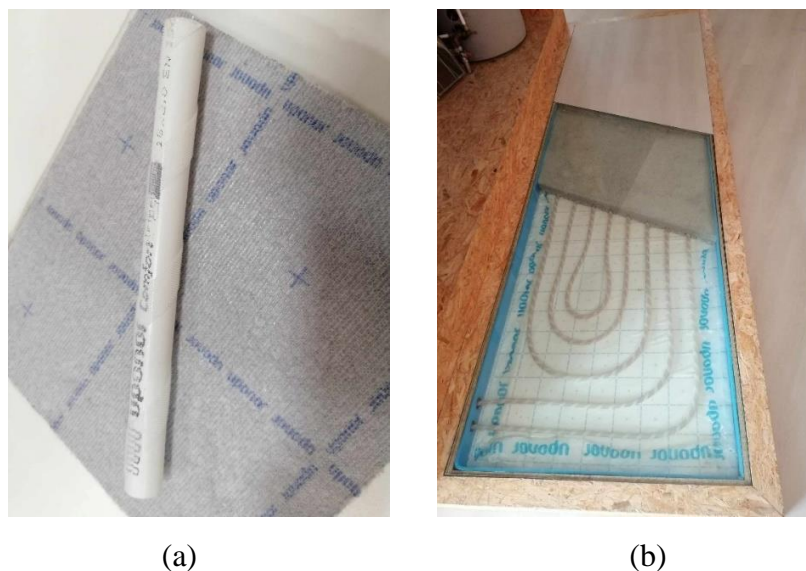
De seguida, são descritos os componentes pertencentes a este tipo de instalação.

Os tubos através dos quais circula o fluido térmico desempenham um papel importante nos sistemas de piso radiante. Seria aconselhável do ponto de vista físico, a utilização de tubos em cobre ou aço, altamente condutores, mas o mercado da climatização procura os tubos de plástico, visto que proporcionam benefícios muito mais vantajosos, apesar do seu baixo coeficiente de condutividade térmica, entre eles, a alta e duradoura confiabilidade com boa resistência mecânica à temperatura e pressão interior, sem corrosão, um fenómeno típico dos metais, custo reduzido e ainda a grande versatilidade de instalação, uma vez que os tubos flexíveis permitem montar facilmente os circuitos em espiral e serpentina. A EN-ISO 15875:2007 é a norma de referência para tubos de plástico que transportam água quente e fria sob pressão. Estes tubos de circulação do fluido térmico são envolvidos em tiras de velcro, para facilitar a sua fixação e contam com os respetivos apoios para a curvatura, designados por curva guia do tubo, que evitam que este seja danificado com curvas apertadas nas ligações ao coletor.

Conta também com o painel de fixação da tubagem que reveste o chão da moradia, devidamente modelado para permitir um sistema de encaixe do tubo funcional e rápido.

A fita ou faixa perimetral proporciona uma vedação hermética, instalada ao longo das paredes para absorver possíveis movimentos mínimos de assentamento do piso radiante. Ainda, são necessárias as fitas de união, para unir os painéis de fixação.

A Figura 5.14 ilustram alguns dos componentes descritos.



**Figura 5.14.** (a) – Tubo envolvido em tiras de velcro, *Uponor*; (b) – Painel de fixação, *Uponor*.

São também descritos os *kits* coletores com caudalímetros incorporados (Figura 5.15). Cada kit possui dois coletores, um destinado à distribuição do fluido térmico e outro à sua recolha. O grupo inclui ainda válvulas de intercetação, válvulas de descarga, purgadores e termómetros na ida e no retorno.



**Figura 5.15.** *Kits* coletores com o atuador e caudalímetro, marca *Uponor*.

Os controladores são utilizados para regulação de temperatura em cada divisão, incluindo o atuador (cabeças eletrotérmicas) que indica a abertura/fecho de cada circuito. Conta com a unidade base e um módulo extra “SMATRIX”, que fornecem o controlo dos atuadores através de um sinal vindo dos termostatos, isto é, realiza a comunicação entre o atuador e o termóstato. A figura seguinte ilustra um termóstato analógico.



**Figura 5.16.** Termóstato analógico, da marca *Uponor*.

Para o sistema de piso radiante, a temperatura do fluido térmico ronda os 35 °C, como referido anteriormente, logo deve ser selecionada uma bomba de calor de baixa/média temperatura. A empresa opera com a bomba de calor *THERMA V*, da marca *LG*, com modelos de potência entre os 4 kW e os 16 kW. No Anexo H, são apresentados os dados técnicos, como as potências térmicas do modelo selecionado e as respetivas eficiências.

### **5.3. Manutenção de Sistemas de Climatização e Produção de AQS**

A empresa apresenta soluções baseadas em energias renováveis, como a instalação de sistemas para climatização e águas quentes sanitárias. Após a instalação é necessário efetuar sempre uma manutenção periódica, de modo a manter as boas condições de funcionamento, uma vez que no decorrer dos anos, o estado dos equipamentos vai deteriorando.

Assim, o cliente tem acesso a serviços de manutenção preventiva, que devem ser realizados periodicamente para verificar o estado de operação dos sistemas instalados na sua residência ou manutenção corretiva, no pior caso.

Neste subcapítulo, é descrito um plano de manutenção destinado a um sistema de climatização e AQS, isto é, bomba de calor e respetivos equipamentos complementares.

### **5.3.1. Planos de Manutenção Preventiva**

Os planos de manutenção preventiva são documentos técnicos que têm como objetivo relatar a frequência das atividades de manutenção, ou seja, detalha quais máquinas e equipamentos que devem ser analisados, listando-os de forma clara e simples.

É uma ferramenta importante na gestão de trabalhos, que permite reduzir manutenções corretivas de emergência e, conseqüentemente, a falha da maquinaria. A manutenção preventiva periódica, pode significar uma poupança nos custos de uma manutenção corretiva e ainda reduz a hipótese de o cliente ficar sem o sistema de climatização e produção de AQS, imprescindível no seu quotidiano. Portanto, respeitando a periodicidade de um plano de manutenção preventiva, é possível implementar correções pontuais e assertivas em intervalos de tempo específicos, antecipando a probabilidade de falha dos equipamentos.

A empresa apresenta um plano, onde são descritos os dados do cliente, bem como o técnico responsável de manutenção e o sistema instalado. Contém um plano de verificação/intervenção com os vários equipamentos e acessórios, bem como uma tabela para *Check List* do plano, com a respetiva data indicada. Após a verificação e intervenção dos diversos componentes, é assinalada a data da respetiva manutenção e dá-se por concluída a sua execução. Através do ANEXO I, ilustra-se todos os dados da instalação.

## **5.4. Acompanhamento de Obra**

Nesta secção é descrito o acompanhamento por parte do aluno, de uma instalação de um sistema realizado pela empresa durante o estágio, fazendo o acompanhamento nas várias fases da instalação, desde a colocação da bomba de calor até à ligação de todos os equipamentos. Conta, ainda, com o acompanhamento de uma manutenção preventiva.

### **5.4.1. Acompanhamento de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores**

O aluno realizou diversos orçamentos, em que, na maior parte dos casos, os radiadores já se encontravam instalados, uma vez que os clientes já possuíam caldeiras tradicionais a gasóleo, gás e *pellets*. Como exemplo, a Figura 5.17 mostra uma caldeira mural a gás, que o cliente pretende substituir por uma bomba de calor de climatização, de modo a responder ao mesmo objetivo de aquecimento central e produção de AQS, com uma solução economicamente mais viável e sustentável.





**Figura 5.17.** Caldeira mural a gás, da marca BAXI.

O passo inicial começa com a colocação da bomba de calor de climatização no exterior. Para a sua fixação, foram utilizados sinoblocos, como se verifica na Figura 5.18.



**Figura 5.18.** Fixação da bomba de calor através de sinoblocos.

Estes sinoblocos, pertencem ao *kit* de suporte para solos anti-vibratórios e proporcionam grande estabilidade e elevada capacidade de carga, estando indicados para estes tipos de equipamentos, que rondam os 300 kg.

A figura 5.19 apresenta a bomba de calor instalada. Trata-se do modelo *aroTHERM plus* de alta temperatura da marca *Vaillant*.



**Figura 5.19.** Bomba de Calor *aroTHERM PLUS*, da marca *Vaillant*.

No caso da instalação da bomba de calor, que é um sistema complexo e sensível, a utilização do separador de sujidade magnético e filtro Y é imprescindível, uma vez que as impurezas que circulam no fluido térmico impedem o correto funcionamento do equipamento. Se estas impurezas não forem eliminadas podem causar gripagem da bomba de circulação, menor rendimento e funcionamento irregular das válvulas, entre outros.

O *design* do filtro Y, por comparação com um filtro em T proporciona melhor desempenho do circuito, uma vez que o fluido térmico atravessa um filtro com menor perda de carga. A perna do Filtro Y deve estar na posição para baixo, de modo a garantir que as impurezas retidas não voltem para o circuito. Este filtro requer manutenção mínima, isto é, apenas é necessário controlar a pressão no sistema para garantir que o equipamento não fique obstruído.

A instalação deverá ser realizada o mais próximo possível da fonte térmica, no circuito de retorno do sistema. Implementou-se o separador de sujidade magnético no sentido de reforçar a eliminação de impurezas, uma vez que apresenta maior eficiência do que um filtro Y e apenas a instalação de filtros pode não ser suficiente.

Pela Figura 5.20, observa-se a instalação do filtro Y e do separador de sujidade magnético devidamente acompanhado com isolamento, que aumenta a sua vida útil.



**Figura 5.20.** Implementação do Filtro Y e separador de sujidade magnético, da marca *Caleffi*.

De seguida, instalou-se o termoacumulador de AQS e o depósito de inércia na respetiva zona técnica (Figura 5.21), uma vez que são os equipamentos mais volumosos e procedeu-se à ligação dos pontos de água da rede e a injeção da água quente.

Ainda foram colocados os vasos de expansão de AQS e AQC. A habitação possuía um sistema solar térmico forçado, pelo que é possível ver o grupo hidráulico e o vaso de expansão solar, que perfaz no total três vasos de expansão (Figura 5.22).



**Figura 5.21.** Depósito AQS, *Ofamat* e depósito de inércia, *videira*. **Figura 5.22.** Vasos de expansão solar, AQS e AQC, marca *Reflex*.

Outra etapa, é a instalação do grupo de ligações hidráulicas a partir da bomba de calor posicionada no exterior até aos dois depósitos, passando por uma válvula motorizada de três vias (Figura 5.23), bem como o cabo de alimentação.



**Figura 5.23.** 1-Válvula de três vias, *Caleffi*; 2-válvulas de corte, *Caleffi*.

Conta também com o grupo de segurança instalado tanto no termoacumulador de AQS como no depósito de inércia, da marca *Caleffi*, como se verifica pelas figuras seguintes.



**Figura 5.24.** V. de segurança no depósito de AQS. **Figura 5.25.** V. de segurança no depósito de inércia.

O enchimento do circuito foi realizado através do grupo de enchimento automático com manómetro (Figura 5.26), instalado na tubagem de entrada de água nas instalações de aquecimento em circuito fechado. Este componente mantém a pressão da instalação estável, reintegrando a água em falta.



**Figura 5.26.** Grupo de enchimento automático, da marca *Ofamat*.

A impulsão do fluido térmico no circuito dos radiadores é efetuada por uma bomba circuladora (Figura 5.27) colocada no circuito de retorno, onde a temperatura é mais baixa. Assim, evita possíveis danos causados por temperatura elevada.

Na parte superior do depósito de inércia, encontra-se um purgador de ar automático, como mostra a Figura 5.28, que permite a libertação de ar que se acumule.



**Figura 5.27.** Bomba circuladora, *Evosta*.



**Figura 5.28.** Purgador de ar, *Caleffi*.

A instalação da tubagem é totalmente isolada com mangas sintéticas. Ou seja, o tubo multicamada é isolado com um tubo sintético, designado *Isolamento K-Flex*, que reduz as perdas térmicas e ainda, diminui as vibrações, contribuindo para a redução do ruído. A espessura do isolamento é definida pela Tabela I.07 do anexo da Portaria n.º 349-B/2013.

Neste caso, para diâmetros de 20 mm, 25 mm e 32 mm e uma temperatura de trabalho de 75 °C, foi utilizada uma espessura de isolamento de 20 mm, de acordo com a tabela 5.1.

**Tabela 5.1.** Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm) (Portaria n.º 349-B/2013).

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 (1)	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	20	20	30	40	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	20	30	40	40	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	30	30	40	50	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	30	40	50	50	60	50	40	30
D > 140	30	40	50	60	60	50	40	30

Na fase final, é instalado o controlador e programado os parâmetros de funcionamento da bomba de calor. Os técnicos da empresa fornecedora do equipamento, juntamente com o cliente, estabelecem os horários de funcionamento e modos de operação da bomba de calor, isto é, a produção de AQS, produção de AQC ou ambos.

A proteção elétrica dos equipamentos é efetuada através de disjuntores, colocados no quadro elétrico parcial instalado na zona técnica. Neste caso, instalou-se um disjuntor de 16 A destinado à bomba de calor, um disjuntor de 10 A para a válvula de três vias motorizada e um disjuntor de 25 A responsável pela proteção elétrica de todas as ligações.

A Figura 5.29 ilustra a montagem do controlador da bomba de calor e o quadro elétrico.



**Figura 5.29.** Controlador da bomba de calor e quadro elétrico parcial.

O mesmo técnico fiscaliza a obra, de modo a garantir todas as condições de funcionamento, para que o cliente, possa usufruir da garantia.

O cliente deve realizar a manutenção dos equipamentos, caso contrário, perderá a garantia dos equipamentos instalados.

### 5.4.2. Acompanhamento de uma Manutenção Preventiva

O estágio permitiu o acompanhamento de uma manutenção preventiva para um sistema de climatização e produção de AQS, através de uma bomba de calor. Essa ação de manutenção preventiva foi efetuada na empresa, uma vez que, possui bomba de calor para climatizar os escritórios através de ventiloconvectores. Esta experiência permitiu a aprendizagem prática sobre os processos de verificação e estimulou competências para a resolução de problemas.

O passo inicial foi a verificação de todas as válvulas e tubagens da instalação, de modo a perceber se existiam incrustações e pontos de corrosão.

De seguida, destaca-se a verificação da pressão no interior dos vasos de expansão, bem como, o estado do ânodo de magnésio, o valor de pH do fluido térmico e a temperatura de congelação da mistura.

Ora, pela Figura 5.30, verifica-se a pressão no interior do vaso de expansão de AQC.



**Figura 5.30.** Pressão do vaso de expansão do circuito de aquecimento.

Seguiu-se a abertura da flange na parte superior do termoacumulador com o objetivo de verificar o estado do ânodo de magnésio. Deve-se esvaziar o depósito de maneira que não saia água quando abrir, basta tirar a pressão. Deve ser retirado ainda com dimensões consideráveis, uma vez que este é sacrificado para proteger o depósito.

É possível observar a corrosão, que justifica a sua troca, uma vez que não apresenta dimensões consideráveis, quando comparado com um novo, de acordo com as Figuras 5.31 e 5.32.



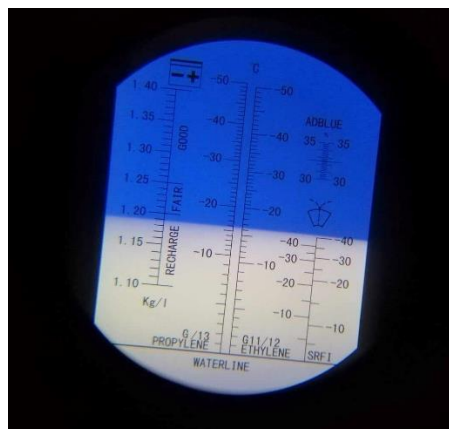
**Figura 5.31.** Ânodo corroído e ferramentas. **Figura 5.32.** Comparação de Ânodos de magnésio.

O valor do pH do fluido térmico é medido, indicando uma solução com características alcalinas, isto é,  $\text{pH} > 7$ , logo não é necessário proceder à sua troca, como ilustra a Figura 5.33. No entanto, caso apresentasse características ácidas,  $\text{pH} < 7$ , o procedimento para troca do fluido seria, primeiramente, através da drenagem de todo o líquido na tubagem e sua limpeza com recurso a água da rede e posteriormente colocada a nova mistura de líquido anticongelante dissolvido em água, com ajuda de uma unidade de enchimento.

Resta a medição da temperatura de congelação da nova mistura (Figura 5.34) com a ajuda de um refratómetro. Na lente do equipamento é colocada uma determinada quantidade de fluido térmico utilizando uma pipeta. A divisão das duas cores apresentadas no visor do refratómetro marca a temperatura de congelamento, que na escala de propileno-glicol é cerca de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura deve ser inferior a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , caso contrário, deve-se adicionar mais propileno-glicol, apesar de estas temperaturas não serem muito comuns em Portugal.



**Figura 5.33.** Medição do valor de pH.



**Figura 5.34.** resultados do refratómetro.

Por fim, procedeu-se ao registo das verificações efetuadas e dos dados recolhidos no plano de manutenção.



## 5.5. Análise económica e financeira

Este subcapítulo apresenta uma análise económica, entre vários sistemas de climatização e produção de AQS, com o objetivo de perceber o consumo de energia e o respetivo custo. Posteriormente, será realizada uma análise financeira, que expressa alguns indicadores, entre eles, o valor líquido atual (VLA), a taxa interna de retorno (TIR) e o período de retorno (PR) dos sistemas de aquecimento com bombas de calor em substituição de uma caldeira a gás, evidenciando a poupança anual.

A análise será efetuada, variando a fonte térmica, isto é, caldeira a gás, bomba de calor de alta temperatura e bomba de calor de baixa/média temperatura, uma vez que operam com eficiências distintas, consoante a temperatura de trabalho dos diferentes emissores.

Para uma comparação justa, todos os sistemas analisados fazem produção de AQS e apenas o aquecimento da habitação.

Assim, a tabela 5.2 representa os sistemas em análise de forma mais clara e sucinta.

**Tabela 5.2.** Fonte térmica e respetivo emissor para a análise económica.

<b>Fonte térmica</b>	<b>Emissor/Difusor térmico</b>
<b>Caldeira a gás</b>	Radiadores
<b>Bomba de calor de alta temperatura</b>	Radiadores
<b>Bomba de calor de baixa/média temperatura</b>	Piso Radiante
<b>Bomba de calor de baixa/média temperatura</b>	Ventiloconvectores

Assumindo o valor calculado na secção 5.2.1, a potência exigida é de 12,09 kW. Todos os sistemas funcionam 5 horas por dia e são consumidos 300 litros de água quente por dia. Todo o cálculo da análise económica é apresentado no APÊNDICE B.

A tabela seguinte, apresenta os valores calculados anteriormente de forma simplificada.

**Tabela 5.3.** Consumo e custo anual para os diferentes sistemas.

<b>Fonte térmica</b>	<b>Emissor térmico</b>	<b>Consumo anual [kWh]</b>	<b>Custo em 2024 [€/kWh]</b>	<b>Custo anual [€]</b>
Caldeira a gás	Radiador	18 581	0,1374	2 553
BC alta temp.	Radiador	6 827	0,2257	1 541
BC média temp.	Piso Radiante	4 488	0,2299	1 032
BC média temp.	Ventiloconvector	5 057	0,2257	1 141

Posto isto, as figuras seguintes representam o consumo e custo mensal para o sistema caldeira a gás com emissão térmica por radiadores. Os restantes gráficos encontram-se no Apêndice C.

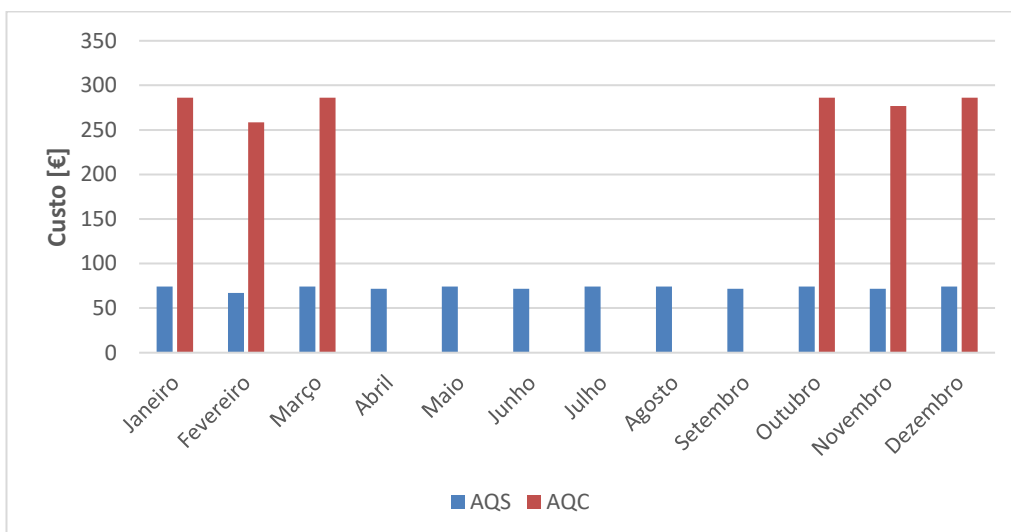


Figura 5.35. Custo mensal do sistema caldeira a gás com radiadores.

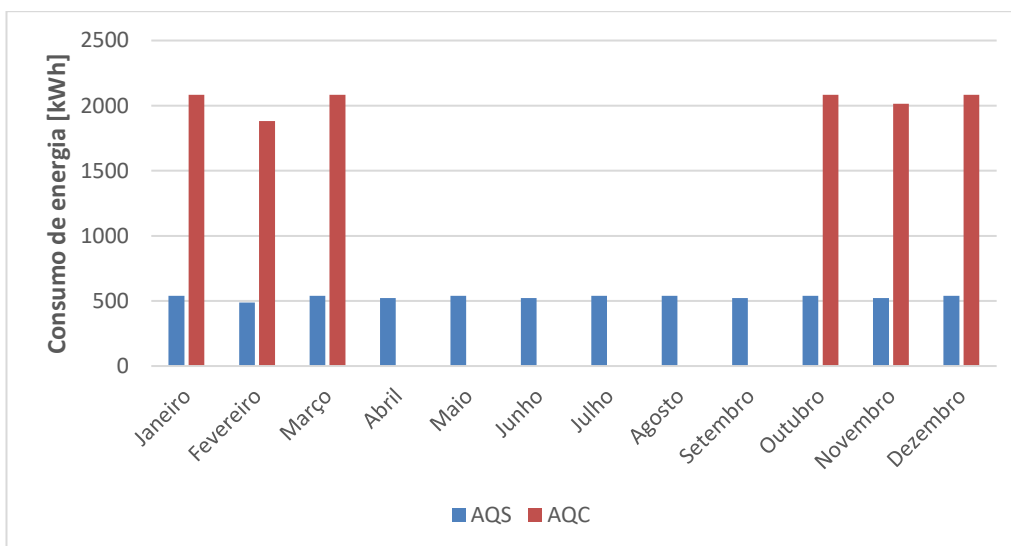


Figura 5.36. Consumo mensal do sistema caldeira a gás com radiadores.

### 5.5.1. Análise Financeira

Com vista a efetuar a análise financeira do investimento, são calculados alguns indicadores, tais como, Valor Líquido Atual (VLA), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Retorno (PR). O objetivo é comparar os benefícios económicos da utilização das bombas de calor de alta e média temperatura, consoante o seu emissor térmico em substituição de uma caldeira a gás.

Através do APÊNDICE D, é descrito todo o conceito teórico.

Finalmente, são considerados os valores da tabela seguinte, que indicam a poupança anual da utilização das bombas de calor em relação à caldeira a gás, bem como a sua redução de preço.

**Tabela 5.4.** Poupança e redução de custo anual.

<b>Comparação</b>	<b>Poupança anual [€]</b>	<b>Redução de custo anual [%]</b>
BC alta temp. (radiadores) vs caldeira	1 012	40
BC média temp. (Piso Radiante) vs caldeira	1 521	60
BC média temp. (Ventiloconvectores) vs caldeira	1 411	55

Ainda, é necessário conhecer os valores do investimento dos equipamentos, que seguem na seguinte tabela, adquiridos no catálogo da respetiva marca (ANEXO J).

**Tabela 5.5.** Investimento inicial.

<b>Equipamento</b>	<b>Preço [€]</b>
BC de Alta temperatura ( <i>Vaillant</i> )	11 242 ( <i>Ofamat</i> , 09/04/2024)
BC de média temperatura ( <i>LG</i> )	8 200 ( <i>Sanipower</i> , 09/04/2024)

Finalmente, são efetuados os cálculos do VLA, TIR e PR para os diferentes sistemas, representados nos APÊNDICE E, através da ferramenta auxiliar Excel.

A tabela 5.6 ilustra de uma forma simplificada a análise de resultados.

**Tabela 5.6.** Análise de resultados.

<b>Comparação</b>	<b>VLA [€]</b>	<b>TIR [%]</b>	<b>PR [anos]</b>
BC alta temp. (radiadores) vs caldeira	5 309	6	11,11
BC média temp. (Piso Radiante) vs caldeira	16 673	18	5,39
BC média temp. (Ventiloconvectores) vs caldeira	14 880	16	5,81

Conclui-se que a substituição da caldeira a gás por uma bomba de calor de alta temperatura para operar com radiadores, que aquecem a habitação nos meses de inverno, traduz-se em uma poupança anual de 1 012 €, uma vez que a redução de custos anual é de 40 %. Assim, com uma taxa de atualização de 2 % ao ano, o VLA é de 5 309 €, a TIR de 6 %, superior à taxa de atualização, logo um período de retorno de 11 anos, 1 mês e 10 dias.

Ora, no caso da bomba de calor de baixa/média temperatura, com emissão térmica por piso radiante, apenas a operar no inverno, a poupança anual é de 1 521 € com uma redução de custos anual de 60 %. Como este sistema opera com temperaturas na ordem dos 35 °C, o COP é superior, logo a poupança e a redução de custos anual são também superiores. No entanto, é um sistema mais complexo e mais caro ao nível da instalação do piso radiante. Verifica-se um VLA de 16 673 €, uma TIR de 18 % e um PR de 5 anos, 4 meses e 21 dias.

Por fim, ao nível da bomba de calor de baixa/média temperatura, com emissão térmica por ventiloconvectores, a poupança anual é de 1 411 € e uma redução de custos anual de 55 %. Uma vez que este tipo de sistema, ao nível do aquecimento, opera com temperaturas na ordem dos 45 °C, o consumo e respetivo custo é superior em relação à solução do piso radiante, no entanto, mais baixo que a bomba de calor de alta temperatura com radiadores. Apresenta um VLA de 14 880 €, uma TIR de 16 % e um PR de 5 anos, 9 meses e 22 dias.

Note-se que, esta análise incidiu na comparação das bombas de calor em substituição de uma caldeira a gás, ao nível da eficiência de cada sistema, consoante o emissor térmico. Não foram considerados os custos de instalação nem os custos de energia elétrica dos ventiloconvectores. Em todos os casos, considerou-se a produção de AQS e apenas o aquecimento da habitação, para uma comparação justa.

Através do ficheiro Excel, designado Análise económica, que acompanha a presente dissertação, é possível verificar de forma clara e simplificada, todos os cálculos realizados.

## 6. CONCLUSÕES

O setor da energia é um dos mais ativos contribuintes para emissões de gases com efeito de estufa, por isso, é necessário promover a instalação de sistemas energéticos mais eficientes e com aproveitamento de energias renováveis, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência energética.

No âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, optou-se pela realização do estágio curricular na empresa Original Sunenergy, Lda, dedicada a instalações de soluções de climatização e produção de AQS que utilizem energias renováveis, maioritariamente no setor residencial, permitindo minimizar o consumo de eletricidade.

Durante o estágio, obteve competências relacionadas com o dimensionamento, a orçamentação, a instalação e a manutenção deste tipo de soluções, obrigando o aluno a contactar clientes e fornecedores, de modo a encontrar a melhor solução, consoante os melhores produtos, estando sempre a par das novidades e dos preços mais recentes do mercado.

Na presente dissertação apresentaram-se as políticas envolventes e todo o conceito de uma bomba de calor. Conta com uma solução de climatização e produção de AQS através de aquecimento central e respetivo orçamento, bem como o seu acompanhamento de instalação. Para complementar, elaborou uma análise económica e financeira, entre uma caldeira a gás e bombas de calor de alta temperatura e baixa/média temperatura, de modo a comparar as respetivas eficiências.

Em suma, o estágio foi uma experiência enriquecedora para o desenvolvimento profissional e académico, que correspondeu aos objetivos definidos.

Em continuidade a esta dissertação, os painéis solares híbridos seriam um tema interessante, uma vez que é um equipamento capaz de gerar eletricidade e água quente, simultaneamente a partir da radiação solar. São uma alternativa, para locais de espaço reduzido, sendo uma tecnologia em expansão. Geralmente, como não são muito comercializados, os que se encontram no mercado, têm um elevado custo, mas sem dúvida que em um curto espaço de tempo estaremos a ouvir falar desta tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE (2024), “Certificação Energética de Edifícios”, Acedido em 25 de Maio de 2024, no Web site da ADENE: <https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/>.

Agência Portuguesa do Ambiente (2023); “Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, Acedido em 12 de Junho de 2024: [https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Planeamento/PNEC%20PT\\_Template%20Final%20-%20vers%C3%A3o%20final\\_30\\_06\\_2023.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Planeamento/PNEC%20PT_Template%20Final%20-%20vers%C3%A3o%20final_30_06_2023.pdf).

BAXI (2024), “Catálogo Tabela Condal BAXI”, Acedido em 20 de Junho de 2024, no Web site da BAXI: <https://catalogo.baxi.pt/.tabela/index-312.html#page=307>.

Caleffi (2016), “O Dimensionamento de Instalações Hidrossanitárias”, Acedido em 15 de Junho de 2024: [https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/08514\\_PT.pdf](https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/08514_PT.pdf)

Caleffi (2019), “Vasos de expansão”, Acedido em 15 de Junho de 2024: [https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/01079\\_pt.pdf](https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/01079_pt.pdf)

Caleffi (2024), “Catálogo Geral”, Acedido em 03 de Junho de 2024: <https://www.caleffi.com/pt-pt>

Caleffi (2024), “*Software Pipe Sizer*”, Acedido em 24 de Junho de 2024: <https://www.caleffi.com/pt-pt/software/pipe-sizer>

Çengel, Y. A. and Boles, M. A. (2006), “Thermodynamics: An Engineering Approach”, 5th Edition, McGraw-Hill, (capítulo 11, página 609).

Conselho Europeu (2024), “Cronologia – Acordo de Paris sobre as alterações climáticas”, Acedido em 03 de Junho de 2024: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/paris-agreement/timeline-paris-agreement/>.

Conselho Europeu (2024), “Objetivo 55”, Acedido em 03 de Junho de 2024: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/fit-for-55/>.

Conselho Europeu (2024), “União da Energia”, Acedido em 03 de Junho de 2024: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/energy-union/>.

Decreto-Lei n.º 101-D/2020: Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

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

Direção Geral de Energia e Geologia (2024), “Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios”, Acedido em 06 de Junho de 2024: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>.

Direção Geral de Energia e Geologia (2024), “Estratégias e Política Energética”, Acedido em 10 de Junho de 2024: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/planeamento-energetico-e-seguranca-de-abastecimento/planeamento-e-politica-energetica/estrategias-e-politica-energetica/>.

Direção Geral de Energia e Geologia (2024), “Preços de Energia”, Acedido em 20 de Junho de 2024: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/precos-de-energia/precos-de-eletricidade-e-gas-natural/>

Diretiva 2013/114/UE: Estabelece as orientações para os Estados-Membros no cálculo da energia renovável obtida a partir de bombas de calor de diferentes tecnologias, em conformidade com o artigo 5.º da Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho.

EN 442-1&2:2014 Radiators and convectors, “Technical specifications and requirements”, Acedido em 10 de Junho de 2024: <https://www.iea.org/policies/7036-en-442-122014-radiators-and-convectors?s=1>

Eurostat (2021), “Estatísticas das energias renováveis”, Acedido em 04 de Maio de 2024: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Estat%C3%ADsticas das energias renov%C3%A1veis>

Facão, J (2015), “Será Renovável a Energia obtida a partir de Bombas de Calor”, Acedido em 22 de Julho de 2024, no Web site: [https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/joaofacao\\_108533871956544b218ca8a.pdf](https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/joaofacao_108533871956544b218ca8a.pdf).

---

Fundo Ambiental (2024), Acedido em 15 de Junho de 2024: <https://www.fundoambiental.pt/quem-somos/quem-somos/fundo-ambiental.aspx>.

International Energy Agency (2024), “Clean energy investment by region, 2018-2023”, Acedido em 04 de Maio de 2024: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/clean-energy-investment-by-region-2018-2023>.

Label Pack A Plus (2017), “A etiquetagem energética de produtos e sistemas de aquecimento”, Acedido em 02 de Junho de 2024: [http://www.label-pack-a-plus.eu/wp-content/uploads/2017/05/D3.5-Training-and-information-material\\_Portugal.pdf](http://www.label-pack-a-plus.eu/wp-content/uploads/2017/05/D3.5-Training-and-information-material_Portugal.pdf)

Nações Unidas (2024), “Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas”, Acedido em 23 de Junho de 2024, no Web site das Nações Unidas: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>.

Ofamat (2024), “Climatização, Solar e Gás”, Acedido em 27 de Junho de 2024, no Web site da Ofa Materiais: <https://www.ofamat.pt/tabelas.php>.

Ordem dos Engenheiros (2015), “Será Renovável a Energia obtida a partir da Bomba de Calor”, Acedido em 20 de Maio de 2024: [https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/joaofacao\\_108533871956544b218ca8a.pdf](https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/joaofacao_108533871956544b218ca8a.pdf)

Original Sunenergy, Lda (2024), “Sobre nós”, Acedido em 20 de Maio de 2024: <https://www.sunenergy.pt/empresa-de-energias-renovaveis/>.

Parlamento Europeu (2024), “Eficiência Energética dos Edifícios”, Acedido em 06 de Junho de 2024: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20240308IPR19003/eficiencia-energetica-dos-edificios-pe-aprova-planos-para-descarbonizar-setor>.

Parlamento Europeu (2024), “Eficiência Energética”, Acedido em 03 de Junho de 2024: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/69/eficiencia-energetica>.

Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, “requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção”, Acedido em 13 de Junho de 2024: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/349-b-2013-647290>

Portugal Energia (2019), “Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030”, Acedido em 12 de Junho de 2024: <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/>.



Raimundo A. (2022), “Análise Económico-financeira de Projetos de Investimento”, Universidade de Coimbra.

Rapier (2023), “Global Energy Trends: Insights From The 2023 Statistical Review Of World Energy”, Acedido em 04 de Maio de 2024, no Web site da Forbes: <https://www.forbes.com/sites/rpapier/2023/08/06/global-energy-trends-insights-from-the-2023-statistical-review-of-world-energy/>.

Rodrigues, R et al (2013), “Prevalência de Legionella nos sistemas de água”, Acedido em 22 de Julho de 2024, no Web site: <https://repositorio.insa.pt/bitstream/10400.18/1488/3/Observa%C3%A7%C3%B5es%20%20Artigo%20.pdf>.

Rolearmais (2024), “LG Bombas de Calor Therma V R32 Monobloco”, Acedido em 01 de Junho de 2024, no Web site da Rolearmais: <https://www.rolearmais.pt/pt/produtos/bombas-de-calor/product/bombas-de-calor-lg/lg-bombas-de-calor-therma-v-r32-monobloco/>.

Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (2019), Acedido em 12 de Junho de 2024: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3d%3dBAAAAB%2bLCAAAAAAABACzMDexAAAut9emBAAAAA%3d%3d>.

Sanipower (2024), “LG Therma V Bomba de Calor Inverter Monobloco / Monofásica”, Acedido em 27 de Junho de 2024, no Web site da Sanipower: <https://www.sanipower.pt/ar-condicionado/lg/bombas-de-calor/lg-therma-v-bomba-de-calor-inverter-monobloco-monofasica>.

Vaillant (2024), “Bomba de calor ar-água de alta performance”, Acedido em 01 de Junho de 2024, no Web site da Vaillant: <https://www.vaillant.pt/clientes/produtos/arotherm-plus-203.html>.

Worth (2023), “COP28 Agreement Signals “Beginning of the End” of the Fossil Fuel Era”, Acedido em 04 de Maio de 2024, no Web site da United Nations Climate Change: <https://unfccc.int/news/cop28-agreement-signals-beginning-of-the-end-of-the-fossil-fuel-era>.

## ANEXOS

### Anexo A - Certificado Energético de um Edifício



Exemplo de certificado energético de um edifício (ADENE, 2024).

## Anexo B - Tipologia de Obra (PAE+S)

Nº Tipologia	Tipologia de projeto <sup>(*)</sup>	Taxa de participação	Limite
1	Substituição de janelas não eficientes por janelas eficientes, de classe energética igual a "A+"	85%	1 500 €
2	Aplicação ou substituição de isolamento térmico em coberturas, paredes ou pavimentos, bem como a substituição de portas de entrada:		
2.1	Coberturas e/ou pavimentos		
2.1.1	Recorrendo a materiais de base natural (ecomateriais) ou que incorporem materiais reciclados	85%	3000€
2.1.2	Recorrendo a outros materiais	65%	3000€
2.2	Paredes		
2.2.1	Recorrendo a materiais de base natural (ecomateriais) ou que incorporem materiais reciclados	85%	4500€
2.2.2	Recorrendo a outros materiais	65%	4500€
2.3	Portas de entrada	85%	750 €
3	Sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento ambiente e/ou de águas quentes sanitárias (AQS), que recorram a energia renovável, de classe energética "A+" ou superior, designadamente:		
3.1	Bombas de calor	85%	2 500 €
3.2	Sistemas solares térmicos	85%	2 500 €
3.3	Caldeiras e recuperadores a biomassa com elevada eficiência	85%	1 500 €
4	Instalação de painéis fotovoltaicos e outros equipamentos de produção de energia renovável para autoconsumo com ou sem armazenamento	85%	2 500 €
5	Intervenções que visem a eficiência hídrica por via de:		
5.1	Substituição de dispositivos de uso de água na habitação por outros mais eficientes	85%	750 €
5.2	Instalação de soluções que permitam a monitorização e controlo inteligente de consumos de água	85%	200 €
5.3	Instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais	85%	1 500 €
6	Intervenções para incorporação de soluções de arquitetura bioclimática, que envolvam a instalação ou adaptação de elementos fixos dos edifícios como sombreamentos, estufas e coberturas ou fachadas verdes, privilegiando soluções de base natural	85%	3 000 €

Comparticipação de despesas elegíveis suportados pelo PAE+S (Fundo Ambiental, 2024).

## Anexo C - Zonas Climáticas e Cálculo da Potência

Concelho	Zonas climáticas	
Abrantes	I2	V3
Águeda	I2	V1
Águeda da Beira	I3	V2
Alandroal	I2	V3
Albergaria-à-Velha	I2	V1
Albufeira	I1	V2
Alcácer do Sal	I1	V2
Alcanena	I2	V2
Alcobaça	I2	V1
Alcochete	I2	V2
Alcoutim	I2	V3
Alenquer	I1	V2
Alfândega da Fé	I3	V2
Aljô	I2	V3
Ajezur	I1	V2
Ajustrel	I2	V3
Almada	I1	V1
Almeida	I3	V2
Almeirim	I2	V3
Almodôvar	I2	V3
Alpiarça	I2	V3
Alter do Chão	I2	V3
Alvaiázere	I3	V1
Alvito	I2	V3
Amadora	I1	V1
Amarante	I2	V1
Amares	I3	V1
Anadia	I2	V2
Ansião	I3	V1
Arcos de Valdevez	I3	V1
Arganil	I3	V1
Armamar	I3	V2
Arouca	I2	V1
Arraiolos	I2	V3
Arronches	I2	V3
Arruda dos Vinhos	I1	V2
Aveiro	I2	V1
Avis	I2	V3
Azambuja	I1	V2
Baião	I2	V1
Barcelos	I2	V1
Barrancos	I2	V3
Barreiro	I1	V2
Batalha	I2	V2
Beja	I2	V3
Belmonte	I3	V2
Benavente	I2	V2
Bombarral	I2	V1
Borba	I2	V3
Boças	I3	V1
Braga	I2	V2
Bragança	I3	V2
Cabeceiras de Basto	I3	V1
Cadaval	I2	V2
Caldas da Rainha	I2	V1
Caminha	I2	V1
Campo Maior	I2	V3
Cantanhede	I2	V1

Concelho	Zonas climáticas	
Carrizada de Ansiães	I2	V3
Carregal do Sal	I3	V1
Cartaxo	I1	V2
Cascais	I1	V1
Castanheira de Pêra	I3	V1
Castelo Branco	I2	V3
Castelo de Paiva	I2	V1
Castelo de Vide	I3	V3
Castro Daire	I3	V1
Castro Marim	I2	V3
Castro Verde	I2	V3
Celorico de Basto	I3	V1
Celorico da Beira	I3	V1
Chamusca	I2	V3
Chaves	I3	V2
Cinfães	I2	V1
Coimbra	I2	V2
Condeixa-à-Nova	I2	V2
Constância	I2	V3
Coruche	I2	V3
Covilhã	I3	V1
Crato	I2	V3
Cuba	I2	V3
Elvas	I2	V3
Entroncamento	I2	V2
Espinho	I2	V1
Esposende	I2	V1
Estarreja	I2	V1
Estremoz	I2	V3
Évora	I2	V3
Fafe	I3	V1
Faro	I1	V2
Feira	I2	V1
Felgueiras	I2	V1
Ferreira do Alentejo	I2	V3
Ferreira do Zêzere	I2	V2
Figueira de Castelo Rodrigo	I3	V2
Figueira da Foz	I2	V1
Figueiró dos Vinhos	I3	V1
Fornos de Algodres	I3	V1
Freixo de Espada à Cinta	I3	V3
Fronteira	I2	V3
Fundão	I2	V2
Gavião	I2	V3
Góis	I3	V1
Golegã	I2	V2
Gondomar	I2	V1
Gouveia	I3	V1
Grândola	I1	V2
Guarda	I3	V1
Guimarães	I2	V2
Idanha-à-Nova	I2	V3
Ílhavo	I2	V1
Lagoa	I1	V2
Lagos	I1	V2
Lamego	I3	V2
Leiria	I2	V1
Lisboa	I1	V2

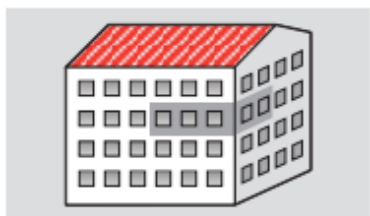
Condições nominais exteriores		
	Inverno	Verão
	T <sub>e</sub> [°C]	
I1	3.5	28
I2	0	32
I3	-3.5	35
AÇORES	9	26
MADEIRA	12.5	26

Zonas climáticas e condições nominais do catálogo BAXI ROCA (BAXI ROCA, 2005).

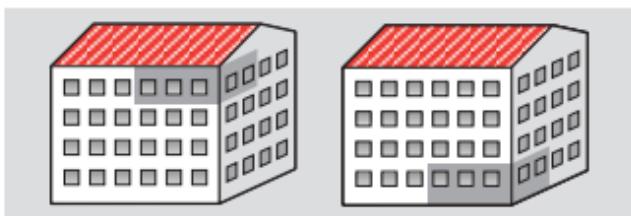
## Cálculos

### Edifícios com aquecimento central

Para edifícios com aquecimento integral e com regime de funcionamento a nível central.



Habitação situada num andar intermédio. Andar intermédio de uma vivenda com mais de 2 andares



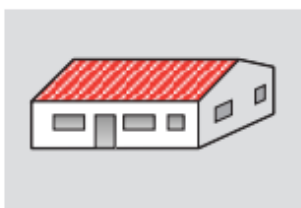
Habitação situada num andar baixo em contacto com o terreno ou no último andar por baixo do telhado. Andar baixo e último de uma vivenda com mais de 1 andar.

	Factor A
Sala de jantar e de estar	62
Quarto	53
Cozinha	55
Casa de Banho Exterior	67
Casa de Banho Interior	39
Hall	39
Corredor	16

	Factor A
Sala de jantar e de estar	78
Quarto	69
Cozinha	71
Casa de Banho Exterior	83
Casa de Banho Interior	55
Hall	55
Corredor	32

### Edifícios com aquecimento central

Para edifícios ou vivendas de um só andar e com regime de funcionamento a nível central.



Habitação situada num andar baixo em contacto com o terreno

	Factor A
Sala de jantar e de estar	95
Quarto	86
Cozinha	88
Casa de Banho Exterior	100
Casa de Banho Interior	72
Hall	72
Corredor	49

### Factor B

Temperaturas exteriores de cálculo, expressas em graus centígrados.

+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2
0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50

### Factor C

Edifício actual muito bem isolado (exe.: Paredes exteriores com isolamento térmico, vidros duplos, etc.) 1

Edifícios antigos, isolamento regular (exe.: Paredes exteriores com câmara de ar e vidros simples, etc) 1,20

Edifícios muito antigos, sem isolamento nem câmara de ar nas paredes e vidros simples com carpintaria deteriorada. 1,44

$$\text{Superfície em m}^2 \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} = \text{kcal/h}$$

#### Exemplo:

Precisam-se conhecer as necessidades caloríficas para a Sala de Jantar de uma casa situada num andar baixo de um edifício de construção antiga cujas casas não dispõem de aquecimento. O edifício encontra-se localizado em Penafiel e a superfície da Sala de Jantar é de 20,5m.

O **Factor A** é de 92.

O **Factor B** (temperatura exterior de cálculo na região de Penafiel (-1°C)) é de 1,05.

O **Factor C** (casa de construção antiga) é de 1,20.

$$20,5 \text{ m}^2 \times 92 \times 1,05 \times 1,20 = 2.376 \text{ kcal/h}$$

Exemplo de cálculo da potência térmica (BAXI ROCA, 2005).

## Anexo D - *Datasheet* da Bomba de Calor Vaillant

### Dados técnicos

aroTHERM plus	VWL 45/6 A S3	VWL 55/6 A S3	VWL 65/6 A S3	VWL 85/6 A S3	VWL 125/6 A S3	VWL 125/6 A S3	VWL 155/6 A S3	VWL 155/6 A S3
Alimentação eléctrica	230 V 1~/N/PE		230 V 1~/N/PE		230 V 1~/N/PE		400 V 3~/N/PE	
Potência atribuída, máxima	3,40 kW		3,50 kW		5,40 kW		8,00 kW	
Fator de potência	1							
Corrente máxima	14,3 A		15,0 A		23,3 A		15,0 A	
Corrente de arranque	14,3 A		15,0 A		23,3 A		15,0 A	
Tipo de proteção	IP 15 B							
<b>Circuito de aquecimento</b>								
Temperatura (mín/max)	20 ... 75 °C							
Máxima distância entre a unidade exterior e a interior	20 m							
Máxima diferença de altura entre a unidade exterior e a interior	15 m							
Pressão de funcionamento, mínima	0,05 MPa (0,50 bar)							
Pressão de funcionamento, máxima	0,30 MPa (3,00 bar)							
Caudal mínimo	400 l/h		540 l/h		995 l/h			
Caudal máximo	860 l/h		1205 l/h		2065 l/h			
Volume na unidade exterior	1,5 l		2,0 l		2,5 l			
Volume mínimo no circuito de aquecimento	40 l		40 l		60 l			
<b>Potência de aquecimento / arrefecimento</b>								
A-7/W35	4,00 kW	4,90 kW	6,00 kW	6,50 kW	10,20 kW	11,30 kW		
A2/W35	1,90 kW	1,90 kW	3,10 kW	3,10 kW	5,60 kW	5,70 kW		
A7/W35	4,10 kW	4,20 kW	5,10 kW	7,80 kW	11,60 kW	14,30 kW		
A7/W45	3,10 kW	3,10 kW	4,20 kW	4,20 kW	8,10 kW	8,10 kW		
A7/W55	3,60 kW	4,80 kW	5,80 kW	7,60 kW	13,20 kW	14,20 kW		
A7/W65	4,50 kW	4,50 kW	6,30 kW	6,30 kW	11,40 kW	11,40 kW		
A35/W7 (arrefecimento)	5,20 kW	5,20 kW	7,20 kW	7,20 kW	12,10 kW	12,00 kW		
A35/W18 (arrefecimento)	4,50 kW	4,50 kW	6,40 kW	6,40 kW	10,90 kW	10,80 kW		
<b>Coefficiente de desempenho COP, EN 14511 (aquecimento) / Índice de eficiência energética EER, EN 14511 (arrefecimento)</b>								
A-7/W35	2,9	2,4	3,0	2,5	2,8	2,4		
A2/W35	3,7	3,7	4,1	4,1	4,3	4,2		
A7/W35	4,6	4,4	4,7	4,4	4,7	4,3		
A7/W45	3,6	3,6	3,6	3,6	4,1	4,1		
A7/W55	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,8		
A7/W65	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3		
A35/W7 (arrefecimento)	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8		
A35/W18 (arrefecimento)	4,3	4,3	4,2	4,2	4,6	4,6		

Dados técnicos da bomba de calor de climatização Vaillant (Vaillant, 2024).

## Anexo E - Tipologia da Habitação

Tabela 94 – Número de pessoas equivalente por tipologia

Tipologia	$n_{oc}$
T0	2
T1	2
T2	3
T3	4
T4	5
T5	6
T6	7
T7	8
T8	8
T9	9
T <sub>y</sub>	y

Tipologia da Habitação (Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho).

## Anexo F - Cálculo das Perdas de Carga

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 7 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 26-20

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 75 °C

Caudal de projeto: 520 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
105 mm c.a.	15.05 mm c.a/m	0.46 m/s	974.75 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	26 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  26 mm no sentido de ida (Caleffi, 2024).

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 7 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 26-20

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 65 °C

Caudal de projeto: 520 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
108 mm c.a.	15.5 mm c.a/m	0.46 m/s	980.52 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	26 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  26 mm no sentido de retorno (Caleffi, 2024).

**Escolha do tipo de perda de carga localizada**

**Resultados**

Quantidade	Tipo	Eps	$\Delta P$ mm c.a.	$\Delta P_{\text{tot}}$ mm c.a.	
1	Bifurcação dupla com T em esquadria	3	31.63	31.63	✗
1	Confluência dupla com T em esquadria	3	31.63	31.63	✗
6	Curva estreita de 90° (r/d = 1.5)	1.5	15.82	94.9	✗
			<b>Total</b>	<b>158.17</b>	

Perda de carga localizada para  $D_{\text{externo}}$  26 mm no sentido de ida e retorno (Caleffi, 2024).

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 10 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 20-15

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 75 °C

Caudal de projeto: 260 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
175 mm c.a.	17.55 mm c.a./m	0.41 m/s	974.75 kg/m <sup>3</sup>	15 mm	20 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  20 mm no sentido de ida (Caleffi, 2024).

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 10 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 20-15

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 65 °C

Caudal de projeto: 260 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
181 mm c.a.	18.07 mm c.a./m	0.41 m/s	980.52 kg/m <sup>3</sup>	15 mm	20 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  20 mm no sentido de retorno (Caleffi, 2024).

**Escolha do tipo de perda de carga localizada**

**Resultados**

Quantidade	Tipo	Eps	$\Delta P$ mm c.a.	$\Delta P_{\text{tot}}$ mm c.a.	
1	Bifurcação dupla com T em esquadria	3	25.13	25.13	✘
1	Confluência dupla com T em esquadria	3	25.13	25.13	✘
6	Curva estreita de 90° (r/d = 1.5)	2	16.75	100.52	✘
<b>Total</b>				<b>150.78</b>	

Perda de carga localizada para  $D_{\text{externo}}$  20 mm no sentido de ida e retorno (Caleffi, 2024).



**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 12 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 16-11,5

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 75 °C

Caudal de projeto: 130 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
221 mm c.a.	18.43 mm c.a/m	0.35 m/s	974.75 kg/m <sup>3</sup>	11.5 mm	16 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  16 mm no sentido de ida (Caleffi, 2024).

**Dados da tubagem**

Tipo de tubo: TUBOS MULTICAMADA

Comprimento: 12 m

Incrustações ou corrosões: Nenhuma

Tubo: 16-11,5

**Caudal e características do fluido**

Temperatura: 65 °C

Caudal de projeto: 130 l/h

Porcentagem de glicol: 20%

**Calcular**

**Resultados**

$\Delta P$	r	Velocidade	Densidade	Diâmetro	Diâmetro externo
228 mm c.a.	18.98 mm c.a/m	0.35 m/s	980.52 kg/m <sup>3</sup>	11.5 mm	16 mm

Perda de carga distribuída para  $D_{\text{externo}}$  16mm no sentido de retorno (Caleffi, 2024).

**Escolha do tipo de perda de carga localizada**

**Resultados**

Quantidade	Tipo	Eps	$\Delta P$ mm c.a.	$\Delta P$ tot mm c.a.
6	Curva estreita de 90° (r/d = 1.5)	2	12.21	73.25
11	Passagem através de radiador	3	18.31	201.45
<b>Total</b>			<b>274.7</b>	

Perda de carga localizada para  $D_{\text{externo}}$  16 mm no sentido de ida e retorno (Caleffi, 2024).

## Anexo G - Proposta Entregue ao Cliente



# SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO AQUECIMENTO CENTRAL E AQS

Com Bomba de Calor



### PROPOSTO A

#### NOME

Nome do cliente

#### LOCALIDADE

Local da instalação

### PROPOSTO POR

Sunenergy Coimbra

+351 239 700 750

Custo de uma chamada para rede fixa ou móvel de acordo com o seu tarifário.

#### REFERÊNCIA

CBR\_CLM\_24\_01\_REV00

#### DATA

14 de junho de 2024

## 1. DESCRIÇÃO

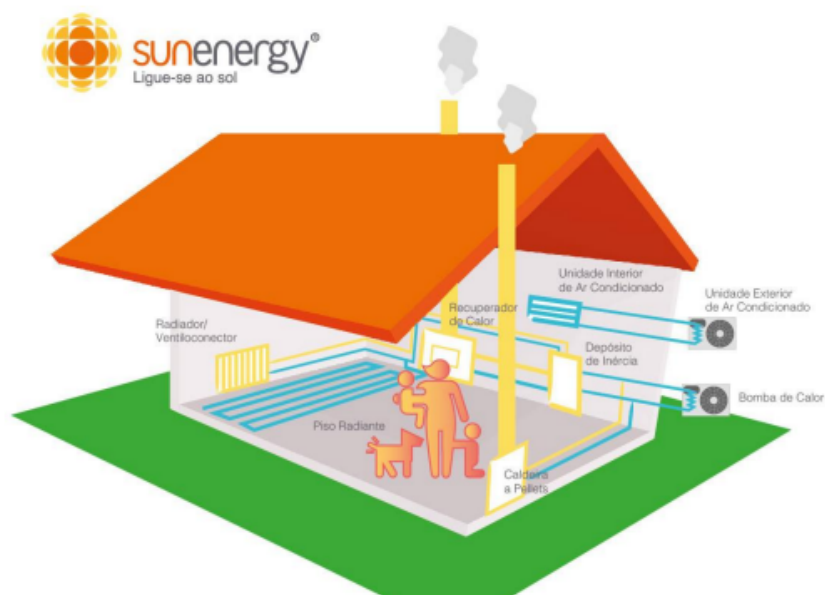
Esta memória descritiva tem por objeto a descrição das condições de um sistema de aquecimento central e AQS para uma habitação.

### UNIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA - BOMBA DE CALOR

Permite fazer a climatização (aquecimento apenas ou aquecimento e arrefecimento) de uma casa e a produção de águas quentes sanitárias (AQS). Equipamento limpo, uma vez que funciona a energia elétrica, e muito eficiente, pois vai buscar uma parte significativa da energia que necessita ao ambiente exterior. A água que a bomba aquece ou arrefece é encaminhada para um depósito de inércia que a armazena e a distribui pela casa, com a ajuda de bombas de circulação, para os sistemas de difusão de energia ou, alternativamente, é encaminhada para o depósito das AQS para ser posteriormente distribuída pelas torneiras de água quente.

### SISTEMA DE DIFUSÃO DE ENERGIA - RADIADORES

Os radiadores são os elementos que permitem a troca de energia produzida com o ar ambiente, dando lugar ao seu aquecimento. São formados por elementos acopláveis entre si através de manguitos e junta de estanqueidade. Os elementos são fabricados por injeção à pressão da liga de alumínio previamente fundida.



## 2. CONDIÇÕES DE PROJETO

### 2.1. Dados de projeto

Para o cálculo dos consumos de climatização e AQS foram utilizados os seguintes dados:

#### RENDIMENTO DA FONTE DE CALOR (AQ.)

2,80

#### RENDIMENTO DA FONTE DE CALOR (ARREF.)

-

#### MESES DE INVERNO

6 meses

#### MESES DE VERÃO

6 meses

#### POTÊNCIA NECESSÁRIA (AQ.)

12,09 kW

#### POTÊNCIA NECESSÁRIA (ARREF.)

- kW

#### Nº DE HORAS EM FUNCIONAMENTO

5 h

#### LITROS DE ÁGUA AQUECIDA (AQS)

200 L/dia

#### CUSTO ENERGIA (AQ.)

0,16 €/kWh

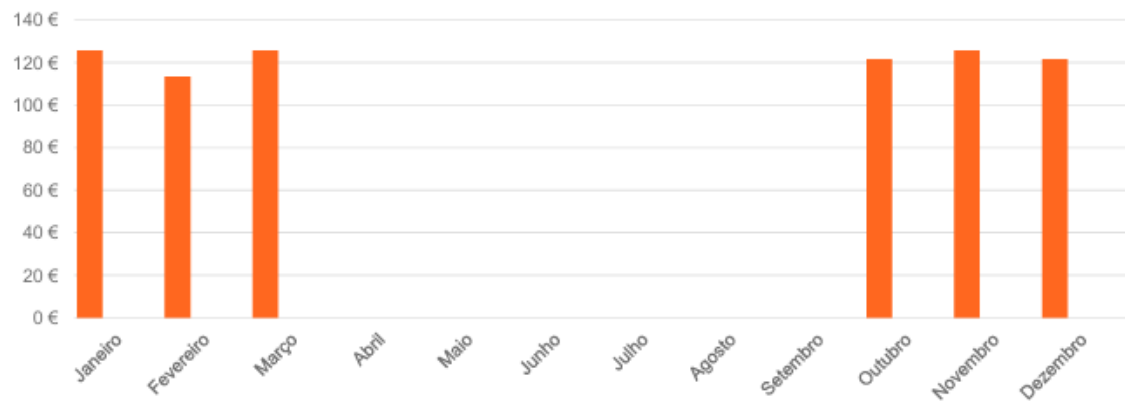
#### CUSTO ENERGIA (ARREF.)

0,16 €/kWh

### 2.2. Simulação do consumo

■ Inverno - Bomba de Calor

■ Verão - Bomba de Calor



#### CUSTO ANUAL DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO

##### BOMBA DE CALOR

733,46 €



### 3. GARANTIAS

A garantia da instalação é de três (3) anos. Este período será contabilizado a partir do dia de conclusão da obra em apreço. No caso da instalação não ser feita pelo nossos técnicos, a SunEnergy não pode oferecer qualquer garantia dos trabalhos de instalação. Deverá solicitar essa garantia à empresa instaladora.

Em caso de avaria, verificada durante o período de validade da garantia, a empresa instaladora compromete-se a efetuar as reparações necessárias para restabelecer o correto funcionamento da instalação, sem qualquer custo para o cliente, salvo nos seguintes casos:

- a) Acidentes devido ao uso negligente, impróprio ou inadequado da instalação.
- b) Alterações ou tentativas de reparação realizadas por pessoal não autorizado.
- c) Ações de terceiros ou quaisquer outras razões distintas das condições normais de funcionamento da instalação e que sejam alheias à empresa instaladora, tais como incêndios, inundações, sismos, descargas atmosféricas, tempestades, granizo, etc.

Esta garantia exclui as revisões periódicas e de substituição de peças originada pelo desgaste por uso normal dos produtos.

A garantia dos equipamentos a incorporar na instalação poderá ser exercida contra falhas e avarias imputáveis aos respetivos fabricantes e cobrirá a reparação ou substituição dos produtos avariados. Não obstante, essa garantia não cobre os custos de transporte e mão-de-obra de montagem/desmontagem associados à operação em causa.

#### 4. PROPOSTA (PARTE 1)

##### DESCRIÇÃO DE EQUIPAMENTOS | BOMBA DE CALOR

QT.	DESCRIÇÃO
1	Bomba de Calor Vaillant aroTHERM 14,3kW Alta Temperatura Monofásica
1	Termoacumulador 200L Inox AISI 316
1	Acumulador de Inércia VS Inox 100L 4 Ligações
1	Circulador Evosta 3 80/180 11/2
1	Válvula Motorizada de 3 Vias
1	Motor p/ Válvula Misturadora
1	Sinoblocos p/ aroTHERM
1	Separador Sujidade Magnético c/ Isolamento
1	Vaso de Expansão AQC 25L
1	Válvula de Enchimento Automático 1/2
1	Purgador de Ar Automático 1/2x2.5 bar
1	Válvula de Segurança 1/2x3 bar FF
4	Anticongelante Glicol 10L
1	Vaso de Expansão AQS 18L
1	Filtro Y latão
1	Tubagens e Acessórios
1	Projeto, Instalação e Arranque da Obra

**ESTA PROPOSTA EXCLUI** - Trabalhos de Construção Civil

**VALOR FINAL  
BOMBA DE CALOR**  
(IVA Incluído)

**12 800,00 €**



#### 4.1. Validade da proposta

Esta proposta é válida pelo período de 15 dias após a sua emissão.

#### 4.2. Condições de pagamento

**50%**

do valor final com a adjudicação da proposta.

**50%**

com a conclusão da instalação.

#### 4.3. Prazo para instalação em obra

A instalação em obra deve estar concluída dentro do prazo a definir com o cliente.

Proposta entregue ao cliente (Sunenergy, 2024).

## Anexo H - *Datasheet* da Bomba de Calor *LG*

### Product Specification

Description			Unit	HM121M.U33	HM141M.U33	HM161M.U33
Nominal Capacity	Heating	LWT 35°C at OAT 7°C	kW	12.00	14.00	16.00
		LWT 55°C at OAT 7°C	kW	12.00	12.00	12.00
		LWT 35°C at OAT 2°C	kW	11.00	12.00	13.80
	Cooling	LWT 18°C at OAT 35°C	kW	14.00	14.00	16.00
		LWT 7°C at OAT 35°C	kW	14.00	14.00	16.00
Nominal Power Input	Heating	LWT 35°C at OAT 7°C	kW	261	311	400
		LWT 55°C at OAT 7°C	kW	429	429	429
		LWT 35°C at OAT 2°C	kW	313	342	394
	Cooling	LWT 18°C at OAT 35°C	kW	304	326	400
		LWT 7°C at OAT 35°C	kW	519	538	640
COP	Heating	LWT 35°C at OAT 7°C		460	450	400
		LWT 55°C at OAT 7°C		280	280	280
		LWT 35°C at OAT 2°C		352	351	350
EER	Cooling	LWT 18°C at OAT 35°C		460	430	400
		LWT 7°C at OAT 35°C		270	260	250
Operation range	Heating	Water Side (LWT)	°C	15 - 65		
		Air Side	°C	-25 - 35		
	Cooling	Water Side (LWT)	°C	5 - 27		
		Air Side	°C	5 - 48		
	Domestic Hot Water	Water Side (LWT)	°C	15 - 80		
Refrigerant	Type			R32		
	GWP (Global Warming Potential)			675		
	Charge		kg	2.4		
			TCO2eq	1.62		
Compressor	Quantity		EA	1		
	Type			Scroll		
Water Flow Rate	Rated		LPM	34.5	40.3	46.0
Piping Connections	Water Circuit	Inlet	mm (in)	Male PT 25(1)		
		Outlet	mm (in)	Male PT 25(1)		
Dimensions	Unit	W x H x D	mm	1,239 x 1,450 x 404		
Net Weight	Unit		kg	130		
Sound power level	Heating	Rated	dBA	63		
Power supply	Phase / Frequency / Voltage		Φ / Hz / V	1 / 50 / 220-240		
	Maximum Running Current		A	35		

Dados técnicos da bomba de calor de climatização *LG* (*LG*, 2024).

## Anexo I - Plano de Manutenção Preventiva

DADOS DA INSTALAÇÃO			
DADOS GERAIS DO CLIENTE			
Nome do Cliente	Nome do Cliente		
Morada da Instalação	Morada do Cliente		
Código Postal	Contacto		
DADOS DO INSTALADOR			
Nome da Empresa	Original Sunenergy, Lda		
Responsável			
Contacto	Email		
EQUIPAMENTOS INSTALADOS			
Descrição	Marca	Modelo	Nº de Série
<b>Observações:</b>		<b>Data da Instalação:</b>	
O cliente:		A Sunenergy:	

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
COMPONENTES	FREQ. (MESES)	VERIFICAÇÃO / INTERVENÇÃO	
BOMBA DE CALOR E ACESSÓRIOS	Ligação Elétrica	12	Verificar estado da ligação elétrica.
	Compressor	12	Verificar corrente consumida pelo compressor.
	Depósito AQS	12	Verificar o estado de conservação do ânodo de magnésio.
		12	Verificar o estado de conservação do isolamento.
	Depósito de Inércia	12	Verificar o estado das ligações hidráulicas.
		12	Verificar o estado de conservação do isolamento.
	Válvula de Três Vias	12	Verificar o correto funcionamento (quando existir).
		12	Verificar estado da ligação elétrica.
	Circulador	12	Verificar o estado das ligações hidráulicas.
		12	Verificar a pressão (registar o valor medido).
	Vaso de Expansão AQS	12	Verificar estado do suporte.
	Vaso de Expansão AQC	12	Verificar a pressão (registar o valor medido).
	Válvula de Segurança	12	Verificar estado do suporte.
	Válvula de Enchimento Automático	12	Accionar para evitar incrustação ou calcificação.
	Grupo de Segurança	12	Verificar a existência de incrustação ou calcificação.
12		Verificar o correto funcionamento.	
Controlador	12	Accionar para evitar incrustação ou calcificação.	
	12	Verificação do estado de conservação.	
Tubagem	12	Controlo de funcionamento e regulação.	
Resistência Elétrica do Depósito AQS	12	Inspeção visual para deteção de pontos de corrosão.	
12	12	Verificação do estado das ligações elétricas (quando existir).	

CHECK LIST DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA						
BOMBA DE CALOR	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ligação Elétrica						
Compressor						
Depósito de AQS						
Ânodo de Magnésio						
Depósito de Inércia						
Válvula de Três Vias						
Circulador						
Vaso de Expansão AQS						
Vaso de Expansão AQC						
Válvula de Segurança						
Válvula de Enchimento Automático						
Grupo de Segurança						
Controlador						
Tubagem						
Resistência Elétrica (quando existir)						

Plano de Manutenção Preventiva (Sunenergy, 2024).



## Anexo J – Preço das Bombas de Calor de Climatização



aroTHERM plus

Código	Designação	Preço €
LGA3020	4,5kW VWL 55/6 A 230V	7.081,00
LGA3021	6,4kW VWL 65/6 A 230V	7.590,00
LGA3022	7,8kW VWL 85/6 A 230V	8.024,00
LGA3023	11,6kW VWL 125/6 A 230V	10.097,00
LGA3024	11,6kW VWL 125/6 A 400V	10.805,00
LGA3025	14,3kW VWL 155/6 A 230V	11.242,00
LGA3026	14,3kW VWL 155/6 A 400V	11.242,00

Preço da bomba de calor, da marca *Vaillant*.



### LG® Therma V Bomba de Calor Inverter Monobloco / Monofásica



Referência	Modelo	PVP (UNI)	Stock
LGHM121MU33	HM121M - R32	7 700,131 €	✓
LGHM051MU43	HM051M - R32	5 875,136 €	✓
LGHM071MU43	HM071M - R32	6 250,145 €	✓
LGHM091MU43	HM091M - R32	6 700,157 €	✓
LGHM141M.U33	HM141M - R32	8 200,192 €	✓
LGHM161M.U33	HM161M - R32	8 400,195 €	✓

Preço da bomba de calor, da marca *LG*.

## APÊNDICES

### Apêndice A - Cálculo do Vaso de Expansão AQC

Sendo o volume do vaso de expansão calculado pela Equação 5.12.

$$V_n = \frac{e \times V_a [+ V_v]}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \quad (5.12)$$

Com  $V_n$  – Volume do vaso de expansão para o circuito dos radiadores (L)

$e$ - Coeficiente de expansão da água

$V_a$ - Conteúdo de água da instalação (L)

$V_v$ - Volume mínimo de água no vaso de expansão, na fase inicial (L)

$P_a$ - Pressão absoluta inicial do lado do gás (bar)

$P_e$ - Pressão absoluta final do lado do gás (bar)

Assim, para um  $V_a$  de 100 litros, do depósito de inércia, a equação seguinte conduz a um volume de:

$$V_v = 0,5 \% \text{ de } V_a = 0,5 L \quad (5.13)$$

Porém, é imposto um volume mínimo de água no vaso expansão, logo  $V_v = 3 L$ .

O coeficiente de expansão,  $e$ , depende da temperatura máxima admissível do circuito,  $t_m$ , expressa em graus celsius. Para uma temperatura de 110 °C, o coeficiente,  $n$ , é igual a 5,029.

Para valores diferentes de 110 °C, o coeficiente  $n$  é dado pela seguinte equação:

$$n = 0,31 + 3,9 \times 10^{-4} \times t_m^2 \quad (5.14)$$

Ora, como a temperatura máxima admissível da válvula de segurança é 90 °C, então:

$$n = 0,31 + 3,9 \times 10^{-4} \times 90^2$$

$$n = 3,47$$

Assim, o coeficiente de expansão da água,  $e$ , é dado pela seguinte equação:

$$e = \frac{n}{100} \quad (5.15)$$

Toma o valor:

$$e = \frac{3,47}{100} = 0,0347$$

Por outro lado, pela Equação 5.16,

$$P_0 = P_{st} + 0,3 \text{ bar} \quad (5.16)$$

Logo,

$$P_0 = 3 + 0,3 = 3,3 \text{ bar}$$

Onde  $P_{st}$  representa a pressão hidrostática no ponto de instalação e  $P_0$  representa a pressão de pré-carga do vaso de expansão do lado do gás.

Assim, a pressão absoluta inicial do lado do gás,  $P_a$ , é dada pela equação seguinte:

$$P_a = P_0 + 1 \text{ bar} = 4,3 \text{ bar} \quad (5.17)$$

Ora,  $P_{vs}$  representa a pressão de regulação da válvula de segurança, igual a 6 bar. Então a pressão máxima de funcionamento da instalação do lado do gás, é dada pela equação:

$$P_{er} = P_{vs} - 0,5 \text{ bar} = 5,5 \text{ bar} \quad (5.18)$$

Assim, a pressão absoluta final do lado do gás,  $P_e$ , é dada pela Equação 5.19:

$$P_e = P_{er} + 1 \text{ bar} = 6,5 \text{ bar} \quad (5.19)$$

Por fim, pela equação 5.12:

$$V_n = \frac{0,0347 \times 100 + 3}{1 - \frac{4,3}{6,5}} = 19,12 \text{ L}$$

## Apêndice B - Cálculo da Análise Económica

### Caldeira a Gás com Emissão Térmica por Radiadores

A análise começa pelo cálculo do consumo de energia e o respetivo custo para o sistema tradicional de caldeira a gás.

A energia necessária para aquecimento da habitação,  $E_{aq.habitação 1}$ , é dada pela seguinte equação.

$$E_{aq.habitação 1} = \text{Potência exigida para aquecimento [kW]} \times n^{\circ} \text{ horas funcionamento da caldeira por dia [h]} \quad (5.20)$$

Toma o valor:

$$E_{aq.habitação 1}(\text{diária}) = 12,09 \times 5 = 60,45 \text{ kWh}$$

Já a energia necessária para aquecimento de AQS,  $E_{aq.AQS 1}$ , é dada para seguinte equação.

$$E_{aq.AQS 1} = m \text{ [kg]} \times C_p \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right] \times \Delta T \text{ [K]} \quad (5.21)$$

Em que  $C_p$  representa o calor específico da água,  $m$ , a massa de água consumida e  $\Delta T$  a diferença de temperatura entre a temperatura de saída da água e temperatura de entrada da água da rede. Admite-se que 1kg é igual a 1L de água.

Substituindo:

$$E_{aq.AQS 1}(\text{diária}) = 300 \times 4,18 \times 45 = 56\,430 \text{ kJ}$$

Convertendo, pela Equação 5.22.

$$E_{aq.AQS 1}(\text{diária}) = \frac{56\,430 \text{ kJ}}{3,6 \times 10^3 \text{ s}} = 15,68 \text{ kWh} \quad (5.22)$$

Considerando uma eficiência da caldeira,  $\eta$ , de 90%, a energia consumida final para aquecimento da habitação,  $E_{aq. habitação final 1}$ , é dada pela Equação 5.23. Definiu-se para aquecimento da habitação, um período de seis meses, ou seja, os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, muito embora corresponde a um ano. Logo, a energia consumida final para aquecimento da habitação anual, é dada pela Equação 5.24.

$$E_{aq. habitação final 1} = \frac{E_{aq.habitação}}{\eta} \quad (5.23)$$

Substituindo:

$$E_{aq. \text{ habitação final } 1}(\text{diária}) = \frac{60,45}{0,9} = 67,17 \text{ kWh}$$

$$E_{aq. \text{ habitação final } 1}(\text{anual}) = 67,17 \text{ kWh/dia} \times 182 \text{ dias} \quad (5.24)$$

Toma o valor de:

$$E_{aq. \text{ habitação final } 1}(\text{anual}) = 12\,224,33 \text{ kWh/ano}$$

Já a energia necessária para aquecimento de AQS final,  $E_{aq. \text{ AQS final } 1}$ , é calculada pelo mesmo método, no entanto, é utilizada todo o ano. Assim, as seguintes equações mostram o resultado da energia diária e anual.

$$E_{aq. \text{ AQS final } 1} = \frac{E_{aq. \text{ AQS } 1}}{\eta} \quad (5.25)$$

Substituindo novamente:

$$E_{aq. \text{ AQS final } 1}(\text{diária}) = \frac{15,68}{0,9} = 17,42 \text{ kWh/dia}$$


$$E_{aq. \text{ AQS final } 1}(\text{anual}) = 17,42 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} \quad (5.26)$$

Toma o valor de:

$$E_{aq. \text{ AQS final } 1}(\text{anual}) = 6\,357,08 \text{ kWh/ano}$$

Para determinar o custo da energia consumida para aquecimento da habitação,  $E_{aq. \text{ habitação final } 1}$ , e produção de AQS,  $E_{aq. \text{ AQS final } 1}$ , é necessário definir o preço do gás natural.

Na Figura 5.37 encontra-se o preço do gás natural, no segundo semestre do ano 2023, retirado da Direção-Geral de Energia e Geologia para o setor doméstico, em Portugal.



**Direção-Geral de Energia e Geologia**  
Direção de Serviços de Planeamento Energético e Estatística

Periodicidade: semestral  
Última atualização: 8 de abril 2024

**Preços Médios Ponderados de Gás Natural no Setor Doméstico, em Portugal**

**2º Semestre de 2023**

Bandas de consumo	Consumo anual de gás natural (GJ)		Preços em €/GJ		
			Preços, excluindo todos os impostos, taxas, direitos e encargos	Preços, excluindo o IVA e outros impostos recuperáveis	Preços incluindo impostos e taxas
	Mínimo	Máximo			
Banda - D1	< 20		35,1002	38,9447	47,3432
Banda - D2	≥ 20	< 200	27,6505	31,3297	38,1651
Banda - D3		≥ 200	18,0530	21,9827	26,9294

**Figura 5.37.** Preços médios de Gás Natural no setor doméstico, em Portugal.

Ora, o consumo anual de gás natural da habitação é o somatório do consumo de energia necessária para produção de AQS e climatização dos espaços. Então, através da equação 5.27, obtém-se esse valor.

*Consumo anual de gás natural*

$$= E_{aq. \text{ habitação final } 1}(\text{anual}) [kWh] \quad (5.27)$$

$$+ E_{aq. \text{ AQS final } 1}(\text{anual}) [kWh]$$

Substituindo:

$$\text{Consumo anual de gás natural} = 12\,224,33 + 6\,357,08 = 18\,581,41 \text{ kWh}$$

Convertendo, pela Equação 5.28.

$$\text{Consumo anual de gás natural [GJ]} = 18\,581,41 \text{ kWh} \times 3,6 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$= 66,89 \text{ GJ} \quad (5.28)$$

Como está compreendido entre valores de consumo anual de 20 GJ e 200 GJ, então considera-se os preços da Banda – D2, com um custo de 38,1651 €/GJ (preço incluindo impostos e taxas).

Por fim, o cálculo do custo de energia consumida anual para climatização dos espaços e produção de AQS é representado pela equação 5.29.

$$\text{Custo de energia consumida anual} = 66,89 \text{ GJ} \times 38,1651 \text{ €/GJ}$$

$$= 2\,552,86 \text{ €} \quad (5.29)$$

### Bomba de Calor de Alta Temperatura com Radiadores

Para o caso de uma bomba de calor de alta temperatura, o cálculo da energia necessária para aquecimento da habitação é dado pela equação 5.20, apresentada anteriormente, bem como a equação 5.22 que representa a energia necessária para aquecimento de AQS.

$$E_{aq.habitacao\ 2}(diária) = 60,45\ kWh$$

$$E_{aq.AQS\ 2}(diária) = 15,68\ kWh$$

Considerando um COP da bomba de calor de alta temperatura de 2,8 para temperatura do ambiente exterior de 7°C e temperatura de saída de água de 55°C e de 2,3 para temperaturas de ar exterior de 7°C e temperatura de saída de água de 65°C.

A energia consumida final para aquecimento da habitação,  $E_{aq. habitação\ final\ 2}$ , é dada pela Equação 5.30. Definiu-se para aquecimento da habitação, um período de 6 meses, novamente, os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Logo, a energia consumida final para aquecimento da habitação anual, é dada pela Equação 5.31.

$$E_{aq. habitação\ final\ 2} = \frac{E_{aq.habitacao\ 2}}{COP} \quad (5.30)$$

Substituindo:

$$E_{aq. habitação\ final\ 2}(diária) = \frac{60,45}{2,3} = 26,28\ kWh$$

$$E_{aq. habitação\ final\ 2}(anual) = 26,28\ kWh/dia \times 182\ dias \quad (5.31)$$

Toma o valor de:

$$E_{aq. habitação\ final\ 2}(anual) = 4\ 783,43\ kWh$$

Da mesma maneira, o aquecimento de AQS final,  $E_{aq. AQS\ final\ 2}$ , é calculada pela equação 5.32 e 5.33, obtendo a energia diária e anual.

$$E_{aq. AQS\ final\ 2} = \frac{E_{aq.AQS\ 2}}{COP} \quad (5.32)$$

Substituindo:

$$E_{aq. AQS\ final\ 2}(diária) = \frac{15,68}{2,8} = 5,6\ kWh$$

$$E_{aq. AQS\ final\ 2}(anual) = 5,6\ kWh/dia \times 365\ dias \quad (5.33)$$

Toma o valor:

$$E_{aq. AQS\ final\ 2}(anual) = 2\ 043,35\ kWh$$

Para determinar o custo da energia consumida para aquecimento da habitação,  $E_{aq. habitação final 2}$ , e produção de AQS,  $E_{aq. AQS final 2}$ , é necessário definir o preço da energia elétrica. Na Figura 5.38 encontra-se o preço da energia elétrica, no segundo semestre do ano 2023, retirado da Direção-Geral de Energia e Geologia para o setor doméstico, em Portugal.

Bandas de consumo	Consumo anual de eletricidade (kWh)		Preços em €/kWh		
			Preços, excluindo todos os impostos, taxas, direitos e encargos	Preços, excluindo o IVA e outros impostos recuperáveis	Preços incluindo impostos e taxas
	Mínimo	Máximo			
Banda - DA	< 1 000		0,3854	0,3138	0,3593
Banda - DB	≥ 1 000	< 2 500	0,2351	0,2151	0,2447
Banda - DC	≥ 2 500	< 5 000	0,2012	0,1938	0,2299
Banda - DD	≥ 5 000	< 15 000	0,1992	0,1848	0,2257
Banda - DE	≥ 15 000		0,1864	0,1825	0,2243

**Figura 5.38.** Preço da energia elétrica no setor doméstico, em Portugal.

Ora, o consumo anual de eletricidade da habitação é o somatório do consumo de energia necessária para produção de AQS e climatização dos espaços. Então, através da equação 5.34, obtém-se esse valor.

$$\begin{aligned}
 & \textit{Consumo anual de eletricidade} \\
 &= E_{aq. habitação final 2}(\textit{anual}) [kWh] \\
 &+ E_{aq. AQS final 2}(\textit{anual}) [kWh]
 \end{aligned} \tag{5.34}$$

Substituindo:

$$\textit{Consumo anual de eletricidade} = 4\,783,43 + 2\,043,35$$

$$\textit{Consumo anual de eletricidade} = 6\,826,78 \textit{ kWh}$$

O valor calculado, encontra-se entre a gama de 5 000 kWh e 15 000 kWh, logo considera-se a banda-DD, com preço de 0,2257 em €/kWh (preço incluindo impostos e taxas).

Por fim, o cálculo do custo de energia consumida anual para climatização dos espaços e produção de AQS é representado pela equação 5.35.

$$\begin{aligned}
 \textit{Custo de energia consumida anual} &= 6826,78 \textit{ kWh} \times 0,2257 \textit{ €/kWh} \\
 &= 1540,80 \textit{ €}
 \end{aligned} \tag{5.35}$$



### Bomba de Calor de Baixa/Média Temperatura com Piso Radiante

De seguida, é apresentada a análise para uma bomba de calor de média temperatura, utilizada com emissor térmico, o piso radiante.

Considerando:

$$E_{aq.habitacao\ 3}(diária) = 60,45\ kWh$$

$$E_{aq.AQS\ 3}(diária) = 15,68\ kWh$$

Esta bomba possui um COP de 4,5 para uma temperatura ambiente exterior de 7°C e temperatura de saída da água de 35 °C e de 2,8 para uma temperatura ambiente exterior de 7°C e temperatura de saída da água de 55 °C. Este sistema apenas irá realizar aquecimento dos espaços, contabilizando novamente os seis meses de inverno.

Repetindo os cálculos realizados anteriormente para os novos valores dos COPs:

$$E_{aq.\ habitacao\ final\ 3}(diária) = 13,43\ kWh$$

$$E_{aq.\ habitacao\ final\ 3}(anual) = 2\ 444,87\ kWh$$

$$E_{aq.\ AQS\ final\ 3}(diária) = 5,6\ kWh$$

$$E_{aq.\ AQS\ final\ 3}(anual) = 2\ 043,35\ kWh$$

$$Consumo\ anual\ de\ eletricidade = 4\ 488,22\ kWh$$

O valor calculado, encontra-se entre a gama de 2 500 kWh e 5 000 kWh, logo considera-se a banda-DC, com preço de 0,2299 em €/kWh (preço incluindo impostos e taxas).

Por fim, o cálculo do custo de energia consumida anual para climatização dos espaços e produção de AQS é representado pela equação 5.36.

$$\begin{aligned} \text{Custo de energia consumida anual} &= 4\ 488,22\ kWh \times 0,2299\ €/kWh \\ &= 1\ 031,84\ € \end{aligned}$$

(5.36)

### **Bomba de Calor de Baixa/Média Temperatura com Ventiloconvectores**

Por último, realiza-se a análise de uma bomba de calor de baixa/média temperatura, mas com emissão térmica por ventiloconvectores. Neste caso, para a comparação entre os sistemas, este emissor apenas realizará o aquecimento da habitação, ao nível da climatização.

Assume-se os valores:

$$E_{aq.habitação\ 4}(diária) = 60,45\ kWh$$

$$E_{aq.AQS\ 4}(diária) = 15,68\ kWh$$

Esta bomba possui um COP de 3,65 para uma temperatura ambiente exterior de 7°C e temperatura de saída da água de 45 °C e de 2,8 para uma temperatura ambiente exterior de 7°C e temperatura de saída da água de 55 °C.

Repetindo os cálculos realizados, para os novos valores de COP, obtém-se:

$$E_{aq.\ habitação\ final\ 4}(diária) = 16,56\ kWh$$

$$E_{aq.\ habitação\ final\ 4}(anual) = 3\ 014,22\ kWh$$

$$E_{aq.\ AQS\ final\ 4}(diária) = 5,6\ kWh$$

$$E_{aq.\ AQS\ final\ 4}(anual) = 2\ 043,35\ kWh$$

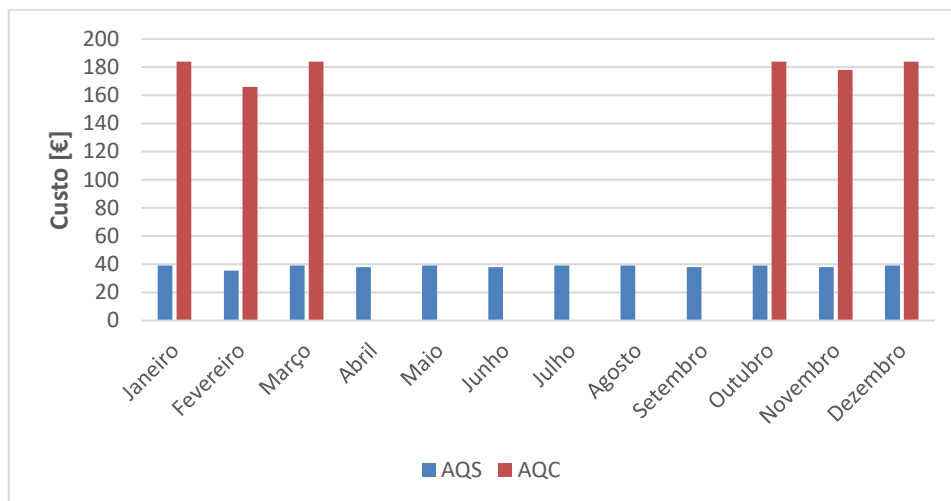
$$Consumo\ anual\ de\ eletricidade = 5\ 057,57\ kWh$$

O valor calculado, encontra-se entre a gama de 5 000 kWh e 15 000 kWh, logo considera-se a banda-DD, com preço de 0,2257 em €/kWh (preço incluindo impostos e taxas).

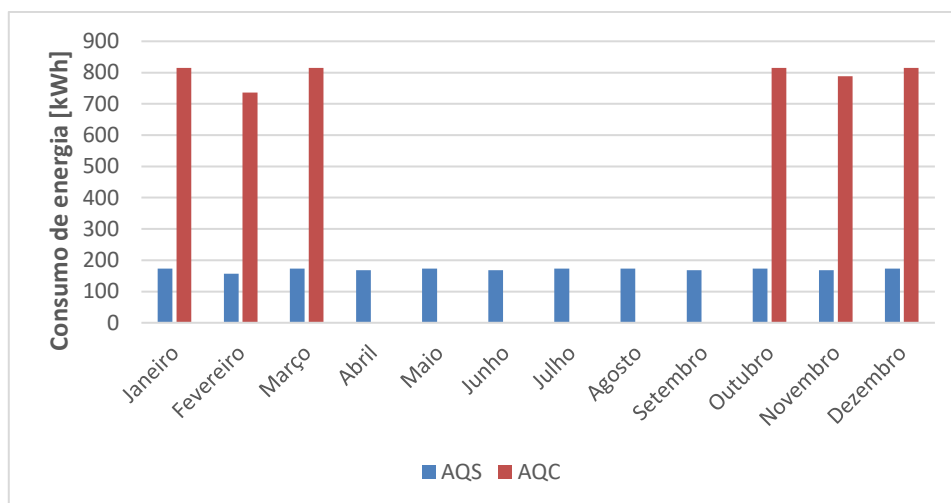
Logo, o cálculo do custo de energia consumida anual para o aquecimento dos espaços e produção de AQS é representado pela equação 5.37.

$$\begin{aligned} \text{Custo de energia consumida anual} &= 5\ 057,57\ kWh \times 0,2257\ €/kWh \\ &= 1\ 141,49\ € \end{aligned} \tag{5.37}$$

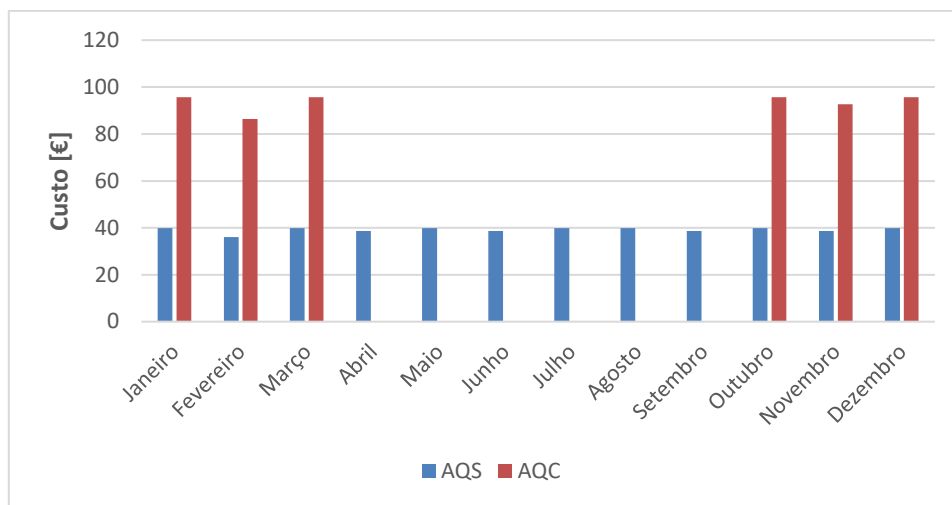
## Apêndice C - Gráficos de Custo e Consumo de Energia



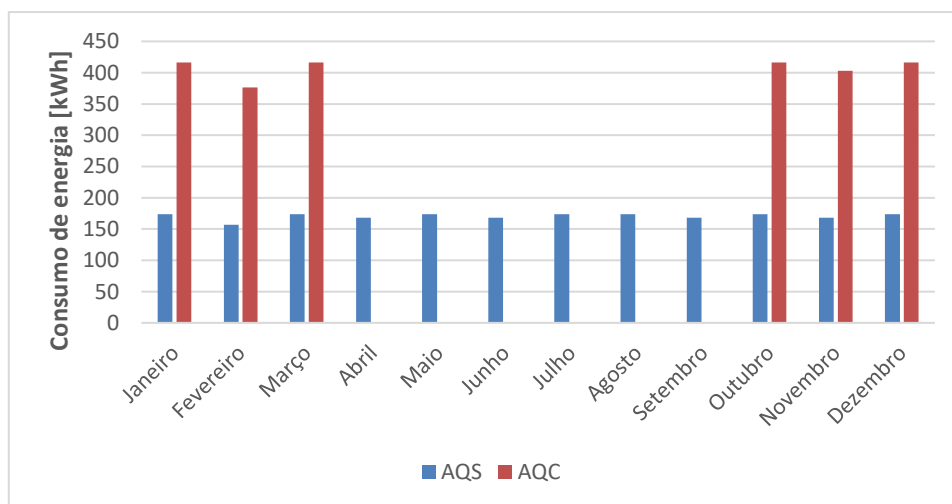
Custo mensal para BC alta temperatura com radiadores.



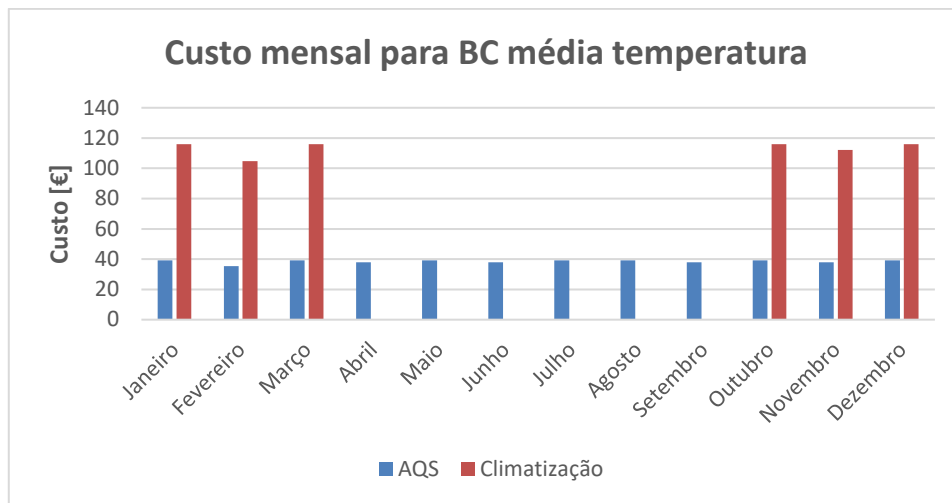
Consumo mensal para BC de alta temperatura com radiadores.



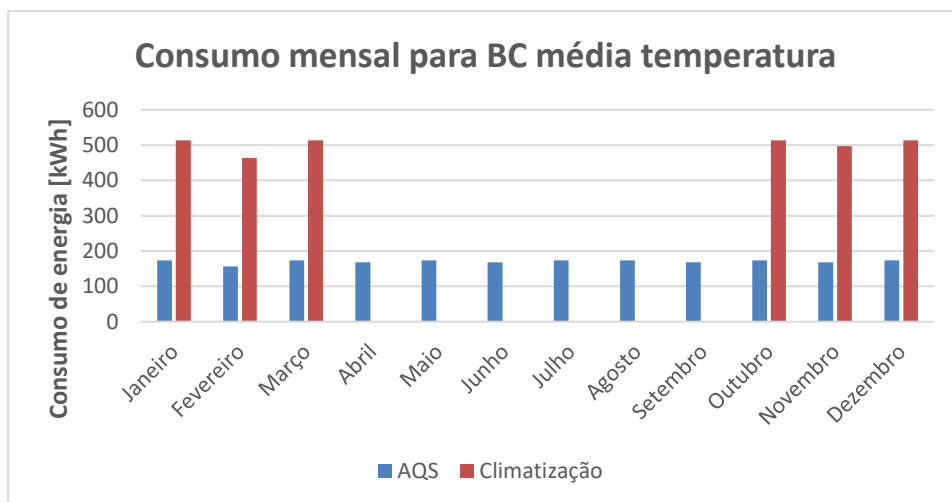
Custo mensal para BC baixa/média temperatura com piso radiante.



Consumo mensal para BC baixa/média temperatura com piso radiante.



Custo mensal para BC baixa/média Temperatura com Ventiloconvectores.



Consumo mensal para BC baixa/média temperatura com Ventiloconvectores.

## Apêndice D – Conceito Teórico da Análise Financeira

Em qualquer projeto de investimento a análise de investimentos tem em consideração os seguintes parâmetros base: Capital a investir; Cash-flow (CF); Período de vida do investimento (n); Valor residual (VR) e Custo do capital (Taxas de atualização (i)).

Capital a investir: São propostos os equipamentos utilizados, isto é, as bombas de calor de alta e média temperatura.

Cash-flow: O CF representa o fluxo de dinheiro que entra e sai do projeto. Assume-se que o investimento inicial, (I), foi a compra da bomba de calor e, a partir desse momento, são considerados os lucros relativos à poupança de energia consumida.

Período de vida do investimento: O n é um parâmetro definido como a duração de tempo do projeto de investimento, considerado n = 20 anos.

Valor residual: O VR é uma estimativa do valor económico do projeto no final do n. Para o estudo realizado, o VR é considerado nulo (VR = 0), visto que os equipamentos revelam uma considerável vida útil de trabalho.

Custo do capital: a taxa de atualização (i) pode ser definida como aquela a que os investidores pretendem ver renumerados os capitais investidos. Depende do investidor e a sua obtenção resulta da reflexão de vários fatores, tais como, o risco inerente ao projeto, a taxa de inflação expectável, a origem dos capitais e o custo de oportunidade. Assim, é utilizada uma taxa de 2% ao ano.

De uma forma resumida, o Valor líquido atual é um dos indicadores mais importantes na análise de projetos, considerado um método simples, coerente e consistente, e representa o somatório de todos os CF, obtido pela seguinte expressão:

$$VLA = \sum_{k=0}^n \frac{CF_k - I_k}{(1+i)^k} + \frac{VR}{(1+i)^k} \quad (5.38)$$

Os critérios de aceitação e de rejeição são apresentados na tabela 5.7.

**Tabela 5.7.** Critério de seleção do projeto.

<b>Indicador</b>	<b>Critério</b>	<b>Remuneração dos capitais</b>
<b>VLA&gt;0</b>	Aceitar o projeto	Superior à pretendida
<b>VLA=0</b>	Aceitar o projeto	Igual à pretendida
<b>VLA&lt;0</b>	Rejeitar o projeto	Inferior à pretendida

Quando o VLA é positivo, a taxa de rentabilidade do investimento realizado é superior à taxa de atualização aplicada, logo o investidor gerou um excedente monetário em comparação ao investimento inicial.

A Taxa Interna de Rentabilidade encontra-se ligada ao VLA. O seu valor corresponde à taxa para o qual o VLA é nulo. Se for superior à taxa de atualização, o projeto é economicamente viável. Resumindo, a TIR é a taxa que os capitais do projeto são remunerados e pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\sum_{k=0}^n \frac{CF_k - I_k}{(1 + TIR)^k} + \frac{VR}{(1 + TIR)^k} = 0 \quad (5.39)$$

O Período de Retorno pode ser definido como o tempo necessário para que as receitas de exploração compensem os investimentos e os custos do projeto. É representado pela seguinte expressão: k para VLA=0;

$$S_k = S_{k-1} + \frac{CF_k - I_k + VR^k}{(1 + i)^k} \quad (5.40)$$

## Apêndice E - Cálculo da Análise Financeira

BC alta temp. (radiadores) vs caldeira a gás			BC média temp. (Piso Radiante) vs caldeira a gás			BC média temp. (Ventiloconvectores) vs caldeira a gás		
Ano	Fluxo de caixa [€]	Cash Flow [€]	Ano	Fluxo de caixa [€]	Cash Flow [€]	Ano	Fluxo de caixa [€]	Cash Flow [€]
0	-11 242,00	-11 242,00	0	-8 200,00	-8 200,00	0	-8 200,00	-8 200,00
1	1012,18	-10 229,82	1	1521,14	-6 678,86	1	1411,49	-6 788,51
2	1012,18	-9 217,65	2	1521,14	-5 157,72	2	1411,49	-5 377,02
3	1012,18	-8 205,47	3	1521,14	-3 636,58	3	1411,49	-3 965,53
4	1012,18	-7 193,29	4	1521,14	-2 115,44	4	1411,49	-2 554,04
5	1012,18	-6 181,12	5	1521,14	-594,29	5	1411,49	-1 142,56
6	1012,18	-5 168,94	6	1521,14	926,85	6	1411,49	268,93
7	1012,18	-4 156,76	7	1521,14	2 447,99	7	1411,49	1 680,42
8	1012,18	-3 144,58	8	1521,14	3 969,13	8	1411,49	3 091,91
9	1012,18	-2 132,41	9	1521,14	5 490,27	9	1411,49	4 503,40
10	1012,18	-1 120,23	10	1521,14	7 011,41	10	1411,49	5 914,89
11	1012,18	-108,05	11	1521,14	8 532,55	11	1411,49	7 326,38
12	1012,18	904,12	12	1521,14	10 053,69	12	1411,49	8 737,87
13	1012,18	1 916,30	13	1521,14	11 574,84	13	1411,49	10 149,36
14	1012,18	2 928,48	14	1521,14	13 095,98	14	1411,49	11 560,84
15	1012,18	3 940,65	15	1521,14	14 617,12	15	1411,49	12 972,33
16	1012,18	4 952,83	16	1521,14	16 138,26	16	1411,49	14 383,82
17	1012,18	5 965,01	17	1521,14	17 659,40	17	1411,49	15 795,31
18	1012,18	6 977,18	18	1521,14	19 180,54	18	1411,49	17 206,80
19	1012,18	7 989,36	19	1521,14	20 701,68	19	1411,49	18 618,29
20	1012,18	9 001,54	20	1521,14	22 222,82	20	1411,49	20 029,78
<b>taxa atualização</b>		2%	<b>taxa atualização</b>		2%	<b>taxa atualização</b>		2%
<b>VLA</b>		5 308,54	<b>VLA</b>		16 672,84	<b>VLA</b>		14 879,87
<b>TIR</b>		6%	<b>TIR</b>		18%	<b>TIR</b>		16%
<b>PR</b>		11,11	<b>PR</b>		5,39	<b>PR</b>		5,81

Cálculo através da ferramenta Excel do VLA, TIR e PR (EXCEL desenvolvido pelo aluno- Análise Económica e Financeira)