

**O CONTRIBUTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO  
CÁLCULO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE  
EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**

Cátia Filipa Claro Teixeira

Dissertação Final apresentada à Escola Superior de Tecnologia e  
de Gestão- Instituto Politécnico de Bragança, para obtenção do  
grau de Mestre em Engenharia da Construção

2023

**O CONTRIBUTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO  
CÁLCULO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE  
EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**

Cátia Filipa Claro Teixeira

Dissertação Final apresentada à Escola Superior de Tecnologia e  
de Gestão- Instituto Politécnico de Bragança, para obtenção do  
grau de Mestre em Engenharia da Construção

Orientador(a): Professora Especialista Silvia Maria Afonso  
Fernandes

2023

## **Agradecimentos**

Primeiramente quero agradecer aos meus pais e irmão por toda ajuda, força e apoio que me deram durante estes 5 anos de estudo e dedicação.

Agradeço ao meu namorado por me ter apoiado sempre e motivado ao longo deste árduo trabalho.

Em especial, agradeço à minha orientadora, professora Especialista Silvia Maria Afonso Fernandes pelo incentivo e orientações fornecidas durante todo o desenvolvimento desta tese.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte do meu percurso no Instituto Politécnico de Bragança, por todos os conhecimentos transmitidos.

A todos, muito obrigado.

## RESUMO

Em Portugal, os edifícios de habitação são responsáveis por uma parcela significativa do consumo total de energia primária, sendo os maiores consumos destinados ao aquecimento e arrefecimento do ar interior, bem como a produção de águas quentes sanitárias.

Face ao contexto atual de vulnerabilidade energética, torna-se indispensável reduzir o consumo de energia primária dos edifícios e promover os edifícios com necessidades energéticas quase nulas (NZEB).

Neste seguimento, a presente Dissertação visa estudar a influencia do uso de equipamentos técnicos que recorram a fontes de energias renováveis no desempenho energético dos edifícios de habitação, bem como a sua viabilidade económica, e também estudar a tecnologia fotovoltaica para autoconsumo.

Ao longo do presente documento é apresentado o estado da arte, a revisão das políticas climáticas e regulamentação térmica portuguesa, os cálculos do desempenho energético, e ainda a análise da viabilidade económica, de diferentes soluções de sistemas técnicos de climatização e produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS), de um edifício de habitação, em fase de projeto, na cidade de Vila Real.

Nos sistemas fotovoltaicos, uma tecnologia em crescente evolução, é estudada a sua viabilidade económica e no desempenho energético do referido edifício, fazendo simulações de sistemas solares fotovoltaicos sem armazenamento de energia e com recurso a bateria para o armazenamento da mesma, é ainda estudada a viabilidade económica da venda do excedente de produção fotovoltaica á Rede Elétrica de Serviço Publico (RESP).

## **ABSTRACT**

In Portugal, residential buildings are responsible for a significant portion of total primary energy consumption, with the largest consumption being for the heating and cooling of indoor air, as well as the production of hot water.

Given the current context of energy vulnerability, it is essential to reduce the primary energy consumption of buildings and promote nearly zero energy buildings (NZEB).

In this context, this dissertation aims to study the influence of the use of technical equipment that uses renewable energy sources in the energy performance of residential buildings, as well as its economic viability, and also to study photovoltaic technology for self-consumption.

Throughout this paper, it is presented the state of the art, the review of the Portuguese climatic policies and thermal regulation, the energy performance calculations, and also the analysis of the economic viability of different solutions of technical systems of air conditioning and DHW production of a residential building, in a project phase, in the city of Vila Real.

In the photovoltaic systems, a technology in growing evolution, its economic viability and the energy performance of the building is studied, making simulations of solar photovoltaic systems without energy storage and using a battery for energy storage, it is also studied the economic feasibility of selling the surplus photovoltaic production to the Public Service Electric Network (RESP).

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	Objetivos .....	2
1.2.	Estrutura da tese .....	2
2.	PANORAMA ENERGÉTICO.....	4
2.1.	Consumo energético em Portugal.....	4
2.2.	Pobreza energética .....	6
2.3.	Políticas climáticas nacionais.....	7
2.3.1	Roteiro para a neutralidade carbónica 2050 (RNC2050).....	7
2.3.2	Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030).....	8
2.3.3	Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios .....	9
3	REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA PORTUGUESA.....	10
3.1.	Enquadramento Legislativo .....	10
3.2.	Legislação sobre Certificação Energética dos Edifícios (SCE 2021) .....	10
3.3.	Avaliação do desempenho energético .....	14
4.	ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	18
4.1.	Energias Renováveis em Portugal.....	18
4.2.	Energia solar .....	18
4.3.	Energia a Biomassa.....	19
4.4.	Energia Eólica .....	21
4.5.	Energia Geotérmica e Aerotérmica .....	22
4.5.1.	Energia Geotérmica .....	22
4.5.2.	Energia Aerotérmica.....	23
5.	Tecnologia Fotovoltaica .....	24
5.1.	Componentes do Sistema Fotovoltaico.....	24
5.1.1.	Painéis Solares Fotovoltaicos .....	24
5.1.2.	Inversores .....	25
5.1.3.	Armazenamento de Energia (Baterias).....	28
5.1.4.	Controladores de Carga.....	29
5.1.5.	Estrutura de Suporte .....	29
5.2.	Tipos de sistemas Fotovoltaicos .....	30
5.2.1.	Sistemas ligados à Rede .....	30
5.2.2.	Sistemas Isolados ou Autónomos.....	30
5.2.3.	Sistemas Híbridos .....	31
5.4.	Legislação da Tecnologia Fotovoltaica.....	32
5.4.1.	Requisitos para registo de atividade fotovoltaica .....	33

5.4.2.	Procedimento para obtenção do registo e certificado de exploração .....	34
6.	SISTEMAS TÉCNICOS DE CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQ5 E SISTEMAS EMISSORES	35
6.1.	Sistema Solar Térmico .....	35
6.2.	Sistemas técnicos que recorrem ao uso da energia Biomassa .....	37
6.3.	Bombas de Calor .....	37
6.4.	Ar condicionado .....	39
6.5.	Equipamentos Não Sustentáveis .....	40
6.5.1.	Caldeiras a Gás .....	40
6.5.2.	Esquentadores .....	41
6.5.3.	Termoacumulador elétrico .....	41
6.6.	Sistemas Emissores .....	42
6.6.1.	Radiadores tradicionais .....	42
6.6.2.	Ventiloconvectores .....	42
6.6.3.	Piso radiante hidráulico .....	43
6.6.4.	Piso radiante elétrico .....	43
7.	CASO DE ESTUDO .....	44
7.1.	Metodologia .....	44
7.2.	Entrevistas a fornecedores e instaladores locais .....	45
7.2.1.	Resultados das Entrevistas .....	47
7.3.	Caraterísticas do edifício em estudo .....	55
7.4.	Definição dos Sistemas Técnicos .....	60
7.5.	Cálculo das Necessidades Energéticas do edifício em estudo .....	63
7.6.	Análise económica .....	65
7.6.1.	Análise económica das soluções sem a incorporação do sistema solar fotovoltaico .	67
7.7.	Dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico .....	69
7.8.	Análise de Resultados do Dimensionamento das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica .....	74
7.9.	Análise do Desempenho Energético das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica .....	88
7.9.1.	Análise económica das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica .....	89
8.	CONCLUSÃO .....	97
8.1.	Trabalhos futuros .....	101
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
	ANEXOS .....	109

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-Dependência energética de Portugal (Fonte: DGEG 2021).....	4
Figura 2-Consumo energético no setor doméstico em Portugal (Fonte: DGEG, 2021)...	5
Figura 3-Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de uso (Fonte: ICESD, 2020). .....	6
Figura 4-Sistemas eólicos sem turbinas a partir de um mastro de vidro e carbono (Fonte: Vortex Blandeless). .....	22
Figura 5- Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico (Fonte: Energias Madeira).....	24
Figura 6- Esquema Inversor Central (Fonte: Docplayer, IPB).....	26
Figura 7- Esquema Inversor de Fileira (Fonte: Docplayer, IPB). .....	27
Figura 8-Esquema de micro inversores (Fonte: Costa,2022). .....	27
Figura 9- Esquema Inversor Híbrido (Fonte: Neosolar).....	28
Figura 10-Esquema Sistema Fotovoltaico ligado à rede (Fonte: NeoSolar). .....	30
Figura 11- Esquema Sistema Fotovoltaico Isolado (Fonte: NeoSolar). .....	31
Figura 12- Esquema Sistema Fotovoltaico Híbrido (Fonte: Oca Solar Energia). .....	31
Figura 13-Vertentes do regime de produção (Fonte: Cardoso, 2021). .....	32
Figura 14-Sistema solar térmico com termossifão (Fonte: Dias, 2015).....	35
Figura 15-Sistema solar térmico de circulação forçada (Fonte: Dias, 2015). .....	36
Figura 16-Esquema de funcionamento da bomba aerotérmica ar-água (Fonte: Moreira et al. 2008).....	38
Figura 17- Esquema de funcionamento do ar condicionado. ....	40
Figura 18- Plantas do edifício em estudo .....	56
Figura 19- Corte C-D do edifício em estudo. ....	56
Figura 20- Corte A-B do edifício em estudo. ....	56
Figura 21-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 1.....	91
Figura 22-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 2.....	92
Figura 23-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 3.....	93
Figura 24-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 4.....	94

Figura 25-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 5. ....	95
Figura 26-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 6 e 7. ....	96

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Intervalos de valor de $R_{Nt}$ para edifícios de habitação (Fonte: Despacho n.º 6476-I/2021, de 1 de julho). ....	13
Tabela 2-Resumo do guião das entrevistas.....	46
Tabela 3-Levantamento dimensional das divisões do edifício de habitação.....	57
Tabela 4: Determinação do Bztu. ....	57
Tabela 5-Pontes térmicas lineares do edifício em estudo.....	60
Tabela 6- Sistemas técnicos, sistemas emissores e custos de investimento de cada solução a aplicar no edifício em estudo. ....	62
Tabela 7-Necessidades nominais de Energia Primária, Energia Útil e Energia Final das diferentes soluções.....	63
Tabela 8-Desempenho energético das soluções apresentadas. ....	64
Tabela 26- Resumo dos custos de investimento, fatura energética anual e custos de manutenção anuais de cada solução. ....	68
Tabela 27- Resultados da análise económica das soluções de sistemas técnicos em comparação com a solução 3. ....	68
Tabela 9- Equipamentos elétricos e eletrodomésticos, potência e tempo de uso mensal (Fonte: Lojaluz). ....	72
Tabela 10- Necessidades de energia final elétrica mensal. ....	73
Tabela 11-Resultados do dimensionamento para a solução 1 sem armazenamento de energia. ....	76
Tabela 12-Resultados do dimensionamento para a solução 1 com armazenamento de energia. ....	77
Tabela 13-Resultados do dimensionamento para a solução 2 sem armazenamento de energia. ....	78
Tabela 14-Resultados do dimensionamento para a solução 2 com armazenamento de energia. ....	79

Tabela 15-Resultados do dimensionamento para a solução 3 sem armazenamento de energia. ....	80
Tabela 16-Resultados do dimensionamento para a solução 3 com armazenamento de energia. ....	81
Tabela 17-Resultados do dimensionamento para a solução 4 sem armazenamento de energia. ....	82
Tabela 18-Resultados do dimensionamento para a solução 4 com armazenamento de energia. ....	83
Tabela 19-Resultados do dimensionamento para a solução 5 sem armazenamento de energia. ....	84
Tabela 20-Resultados do dimensionamento para a solução 5 com armazenamento de energia. ....	85
Tabela 21-Resultados do dimensionamento para a soluções 6 e 7 sem armazenamento de energia. ....	86
Tabela 22-Resultados do dimensionamento para a soluções 6 e 7 com armazenamento de energia. ....	87
Tabela 23- Resultados do desempenho energético das soluções sem sistema solar fotovoltaico.....	88
Tabela 24-Resultados do desempenho energético das soluções com sistema solar fotovoltaico sem armazenamento. ....	89
Tabela 25-Resultados do desempenho energético das soluções sem sistema solar fotovoltaico com armazenamento.....	89
Tabela 28-Resumo dos custos de investimento e custos de manutenção anuais de cada solução fotovoltaica sem armazenamento. ....	90
Tabela 29-Resumo dos custos de investimento e custos de manutenção anuais de cada solução fotovoltaica com armazenamento.....	90
Tabela 30-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 1 com sistema fotovoltaico.....	91
Tabela 31-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 1. ....	91
Tabela 32-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 2 com sistema fotovoltaico.....	92
Tabela 33-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 2. ....	92

Tabela 34-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 3 com sistema fotovoltaico.....	93
Tabela 35-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 3. ....	93
Tabela 36-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 4 com sistema fotovoltaico.....	94
Tabela 37-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 4. ....	94
Tabela 38-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 5 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia....	95
Tabela 39-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 5. ....	95
Tabela 40-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico. ....	96
Tabela 41-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 6 e 7. ....	96

## LISTA DE ABREVIACÕES

ADENE: Agência Nacional de Energia de Portugal

APREN: Associação Portuguesa de Energias Renováveis

AQ: Necessidades Nominais de Energia Primária para AQS

AQS: Água Quente Sanitária

AVAC: Projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado

CA: Corrente Alternada

CC: Corrente Contínua

CE: Certificado Energético

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

COP: Rendimento para Aquecimento

DGEG: Direção Geral de Energia e Geologia

EEA: Agência Europeia do Ambiente

EER: Rendimento para Arrefecimento

ENU: Espaço não útil

EPS: Poliestireno Expandido

EU: Espaço útil

EU: União Europeia

FER: Fontes de Energia Renovável

GEE: Gases de Efeito Estufa

GW: Gigawatt

IEA: Agência Internacional de Energia

ITECONS: Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

KW: Quilowatt

KWh: Quilowatt hora

KWp: Quilowatt pico

Nic: Necessidades Nominais de Energia Primária para Aquecimento

Nvc: Necessidades Nominais de Energia Primária para Arrefecimento

NZEB: Edifícios com necessidades quase nulas de energia

PCE: Pré Certificado Energético

PNEC: Plano Nacional de Energia e Clima

PQ: Perito Qualificado para a Certificação Energética

RECS: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

REH: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RESP: Rede Elétrica de Serviço Público

RNC 2050: Roteiro para Neutralidade Carbónica 2050

SCE: Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

TIR: Taxa interna de rentabilidade

U: Coeficiente de transmissão térmica, em  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

UPAC: Unidades de Produção para o Autoconsumo

UPP: Unidades de Pequena Produção

VAL: Valor atual líquido

## **1. INTRODUÇÃO**

O mundo, em especial a Europa enfrenta uma das maiores crises globais de energia, em grande parte gerada pela invasão da Rússia á Ucrânia, atingindo várias dimensões, desde o gás natural, o petróleo, carvão, eletricidade até a segurança alimentar. No decorrer do ano de 2022 os preços do gás natural e da eletricidade dispararam, em resultado da invasão e da pandemia COVID-19, o que deixou os países europeus em total vulnerabilidade energética. O cenário atual demonstra a importância de garantir a segurança energética através da redução da dependência energética dos países bem como o uso crescente de fontes de energia renováveis. (IEA, 2023).

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia, os edifícios de habitação representam, na Europa, aproximadamente 40% do consumo total de energia primária, sendo esta percentagem em Portugal de cerca de 30%. Por este motivo, é de extrema importância e urgência a implementação de sistemas técnicos de climatização, produção das águas quentes sanitárias, e produção de eletricidade para autoconsumo altamente eficientes e que recorram a fontes de energia renováveis, além de serem também adotadas soluções construtivas que visem minimizar as necessidades energéticas dos edifícios.

## **1.1. Objetivos**

Esta dissertação centraliza-se nos seguintes objetivos:

- Realizar uma revisão de literatura que apresente o estado da arte das fontes de energia renováveis, panorama energético português, a pobreza energética, as políticas climáticas e ainda realizar uma revisão da legislação térmica portuguesa.
- Analisar quais os sistemas técnicos de climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS) existentes no mercado da cidade de Vila Real, quais os respetivos sistemas com uma procura maior por parte dos utilizadores de edifícios de habitação e analisar, também, quais as suas principais vantagens e limitações.
- Avaliar o desempenho energético e a viabilidade económica de diferentes soluções de sistemas técnicos de climatização e produção de AQS, como a caldeira a gás natural, caldeira a pellets, coletor solar térmico, bomba de calor aerotérmica e ar condicionado, incorporados num edifício de habitação novo localizado na cidade de Vila Real.
- Avaliar o desempenho energético e a viabilidade económica de sistemas de produção de energia para autoconsumo, nomeadamente os sistemas solares fotovoltaicos, com e sem armazenamento de energia, bem como a viabilidade da venda do excedente energético de produção fotovoltaico á Rede Elétrica de Serviço Publico (RESP).

## **1.2. Estrutura da tese**

A presente Dissertação está estruturada em sete capítulos que se explicitam se seguida:

No capítulo 1, denominado de Introdução, faz-se uma breve contextualização e motivação do tema a ser estudado, bem como a apresentação dos objetivos propostos e estrutura do trabalho.

No capítulo 2, denominado de panorama energético, apresenta-se o cenário energético mundial e português centrado no uso das energias para fins habitacionais, contextualiza-se ainda a pobreza energética e as políticas climáticas que tem como finalidade mitigar as alterações climáticas.

No capítulo 3, denominado de regulamentação térmica portuguesa, é apresentada a evolução da legislação portuguesa referente á térmica dos edifícios, desde o surgimento do primeiro regulamento até à legislação em vigor atualmente.

No capítulo 4, denominado de energias renováveis, faz-se um resumo do uso das energias renováveis em Portugal e contextualiza-se cada uma das respetivas energias, nomeadamente a energia solar, biomassa, eólica, geotérmica e aerotérmica.

No capítulo 5, denominado de tecnologia fotovoltaica, é descrito detalhadamente o sistema solar fotovoltaico, incluindo os seus componentes, os tipos de sistemas existentes, uma breve apresentação da legislação de autoconsumo, dos requisitos necessários para o registo da atividade fotovoltaica e também o procedimento para obtenção do registo e certificado de exploração.

No capítulo 6, denominado de sistemas técnicos de climatização e preparação das AQS e sistemas emissores são apresentados os sistemas de climatização e preparação das águas quentes sanitárias que recorrem a fontes de energia renováveis, mas também os sistemas técnicos não sustentáveis, ou seja, que recorrem a fontes de energia fóssil. São também descritas as diferentes soluções de sistemas emissores existentes.

No capítulo 7, denominado de caso de estudo, é apresentada a metodologia do desenvolvimento do estudo específico desta dissertação, onde são apresentadas as entrevistas realizadas a fornecedores e instaladores, do concelho de Vila Real, de equipamentos de climatização e produção de AQS, bem como os seus resultados. De seguida é apresentado o cálculo do desempenho energético de um edifício de habitação com diferentes soluções de sistemas técnicos e de produção de eletricidade para autoconsumo, bem como a análise da viabilidade económica de cada solução.

Por fim, no capítulo 8, denominado de conclusão, são apresentadas as conclusões relativas ao caso de estudo, feitas algumas considerações importantes e apresentados os possíveis trabalhos futuros como complemento a esta dissertação.

## 2. PANORAMA ENERGÉTICO

### 2.1. Consumo energético em Portugal

Portugal tem uma história de dependência de fontes de energia importadas, possuindo no passado uma elevada dependência energética do exterior, tendo atingido o seu pico no ano de 2005, com 88.8% de dependência energética do exterior, devido à escassez natural de recursos fósseis, tais como: petróleo, carvão e gás natural. Entretanto, esta dependência tem diminuído devido ao aumento da contribuição das energias renováveis. No ano de 2020, Portugal atingiu o valor mais baixo de dependência energética (65.8%) alcançando resultados extremamente positivos quando se compara com a União Europeia e outros países do mundo. No entanto a dependência energética, em 2021, sofreu um aumento de 1,3 pp face ao ano de 2020 (DGEG, 2021).

Para além disso, nos últimos anos, houve um esforço para aumentar a produção de energias renováveis, como eólica e solar. Em 2020, as energias renováveis representavam cerca de 45% da produção total de energia elétrica em Portugal (DGEG, 2021).

A figura 1 demonstra a evolução da dependência energética de Portugal nos últimos seis anos.

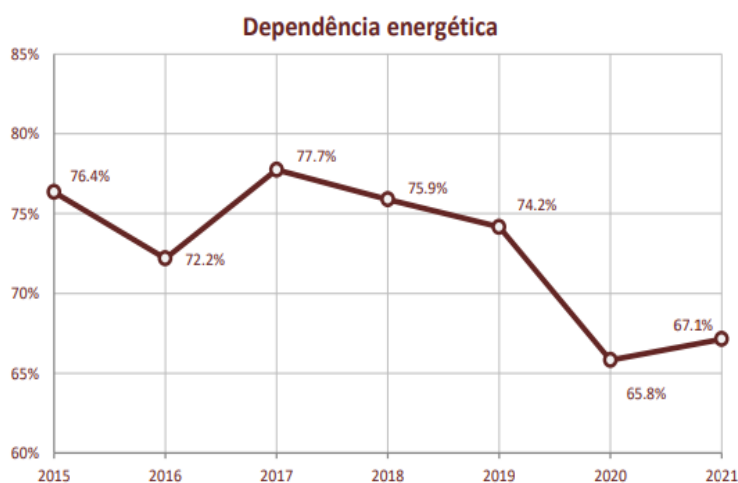


Figura 1-Dependência energética de Portugal (Fonte: DGEG 2021).

Analisando o consumo no setor doméstico em Portugal (figura 2), observa-se que em 2021, face ao ano de 2020, houve uma ligeira redução do consumo de energia em 0,3%.

Em 2021, o consumo de eletricidade, face a 2020, sofreu um aumento de 3,5% e o consumo das energias fósseis, nomeadamente GPL e gásóleo de aquecimento sofreram uma redução face ao mesmo ano de, respetivamente, 13,3% e 4,6%. O consumo de energia proveniente de fontes de energias renováveis, nomeadamente bombas de calor e solar térmico teve um aumento de aproximadamente 6%.

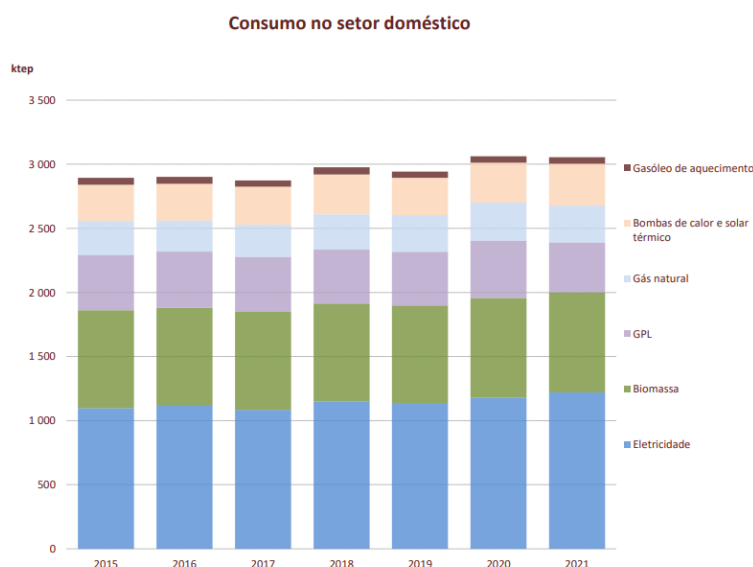


Figura 2-Consumo energético no setor doméstico em Portugal (Fonte: DGEG, 2021)

De acordo com o Inquérito ao Consumidor de Energia no Setor Doméstico (ICESD, 2020) em Portugal, o consumo de energia em edifícios de habitação corresponde a 30% do total nacional, sendo que a eletricidade se manteve como a principal fonte de energia, representando 46.4% do consumo total, seguida da biomassa com 18.4%, o consumo de gás foi cerca de 28% e apenas 2.1% correspondem ao consumo de energia solar térmica. Dentre os principais usos da energia tem-se a produção de AQS, que compreende 22% e o aquecimento de ambientes que abrange 19,1% do total do consumo. De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia o setor dos edifícios de habitação é o que apresenta um grande potencial de poupança de energia, que pode ser de cerca de 50 % aplicando medidas de aumento de eficiência energética, incluindo o aproveitamento de energias renováveis (DGEG, 2021).

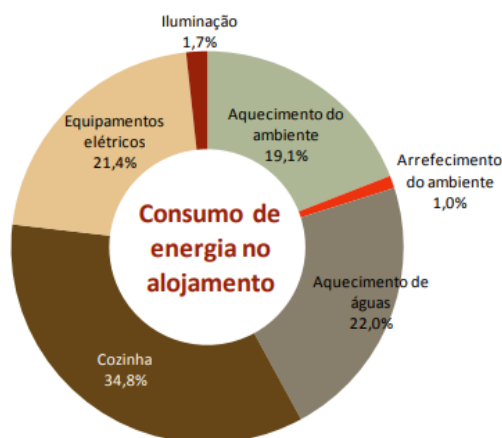


Figura 3-Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de uso (Fonte: ICESD, 2020).

Neste sentido, e face à importância da redução da dependência energética de Portugal, é primordial tornar os edifícios de habitação em edifícios com necessidades quase nulas de energia, para tal, além de técnicas de construção passivas que permitam reduzir as necessidades energéticas dos edifícios, é também de extrema importância que as necessidades energéticas sejam supridas por equipamentos de climatização e preparação de AQS altamente edificantes e que recorram a fontes de energia renováveis.

Neste contexto, têm sido publicadas várias diretivas e regulamentações sobre o desempenho energético dos edifícios, estabelecendo uma série de critérios que objetivam promover a melhoria do desempenho energético.

## 2.2. Pobreza energética

Segundo González-Eguino (2015), a pobreza energética pode ser definida como uma condição em que existe um nível insuficiente de consumo energético para satisfazer as necessidades básicas e a incapacidade de aquecer as habitações, ou seja, as pessoas têm dificuldade para pagar as contas de energia e manterem as casas aquecidas e iluminadas, o que pode causar uma série de consequências tais como cortes de energia, habitação em condições inadequadas e problemas de saúde e bem-estar.

Este tema foi introduzido pela Comissão Europeia através da Diretiva 2009/72/CE (Mercado Interno da Eletricidade) e da Diretiva 2009/73/CE (Mercado Interno do Gás

Natural), tornou-se mais evidente a relevância deste tipo de pobreza e a necessidade de apoiar consumidores economicamente vulneráveis (DGEG, 2021).

Com o atual aumento dos preços de energia, os problemas relacionados com a pobreza energética têm um incremento ainda maior, pois a capacidade das famílias de manter o conforto térmico nas suas habitações é reduzida em função da menor utilização do uso de equipamentos de climatização. Contudo, este cenário tem como causas as deficientes características construtivas das suas casas (ADENE, 2022).

Dados da Comissão Europeia, relativos a 2020, estimam que de 35 a 100 milhões de europeus se encontrem atualmente em situação de pobreza energética, nas suas variadas dimensões (ADENE, 2021). Neste âmbito, Portugal consta como o quinto país da União Europeia, no qual as pessoas têm menos condições económicas para manter as casas devidamente aquecidas, sendo que cerca de 19% dos portugueses estão em situação de pobreza energética, tendo-se abaixo de Portugal, países como Bulgária (34%), Lituânia (28%), Grécia (23%) e Chipre (22%) (ADENE, 2021).

Para combater a pobreza energética, é importante implementar políticas e programas que ajudem as pessoas a pagar suas contas de energia. Isso pode incluir programas de assistência energética, medidas de eficiência energética e fontes de energia renováveis. Além disso, é importante promover a educação sobre como economizar energia e reduzir os custos de energia (Bouzarovski, 2014).

## **2.3. Políticas climáticas nacionais**

### **2.3.1 Roteiro para a neutralidade carbónica 2050 (RNC2050)**

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 foi publicado através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho. Este documento apresenta a Estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa até 2050 submetida à Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) a 20 de setembro de 2019.

A estratégia objetiva reduzir as emissões de gases com efeito de estufa para zero líquido, equilibrando quaisquer emissões remanescentes com a remoção de uma quantidade equivalente de carbono dióxido da atmosfera.

Desta forma, este roteiro estabelece a visão e as trajetórias necessárias para que Portugal atinja a neutralidade carbónica até 2050, ou seja, para tornar nulo o balanço entre as emissões e as remoções de dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa (GEE) da atmosfera.

O RNC2050 demonstra que a neutralidade carbónica até 2050 é económica e tecnologicamente viável, e assenta numa redução de emissões entre 85% e 90% até 2050, face a 2005, e numa compensação das restantes emissões através do sumidouro, ou seja os depósitos naturais que absorvem e capturam o CO<sub>2</sub>, reduzindo a sua presença no ar, proporcionado pelas florestas e outros usos do solo.

### **2.3.2 Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)**

Visando atingir os objetivos propostos no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), foi elaborado e aprovado o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho, que aprova o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030).

O plano tem por objetivo a elaboração de metas, medidas e políticas, relativas à redução das emissões GEE, incorporação das energias de fontes renováveis, segurança energética, mercado interno da energia e investigação, a inovação e competitividade. Desta forma, estabelece metas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, aumentar a participação de energia renovável na matriz energética do país e melhorar a eficiência energética.

O Plano Nacional de Energia e Clima 2030 estabelece as seguintes metas relativas a edifícios, até 2030, rumo à neutralidade carbónica em 2050:

- Reduzir em 35% a emissão de GEE no setor residencial.
- Atingir 38% de uso de energia renovável na climatização do ar interior dos edifícios.
- Atingir 80% da produção de eletricidade gerada por fontes de energias renováveis.

### **2.3.3 Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios**

O Pacote Energia Limpa, a Diretiva (UE) 2018/844, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/EU e a Diretiva 2012/27/EU, sobre o desempenho energético dos edifícios e sobre a eficiência energética, respetivamente, coloca a obrigatoriedade de cada Estado Membro estabelecer uma estratégia de longo prazo para apoiar a renovação até 2050 do parque nacional de edifícios, para o converter num parque imobiliário descarbonizado e de elevada eficiência energética, facilitando a transformação dos edifícios existentes em edifícios Nearly Zero Energy Buildings (NZEB).

Para a elaboração e a execução do referido pacote, foi estabelecida a resolução do Conselho de Ministros n.º 8-A/2021, de 3 de fevereiro, que aprova a Estratégia de Longo Prazo de Renovação dos Edifícios (ELPRE) a qual define uma série de medidas de intervenção de envolventes dos edifícios, promoção do consumo e utilização de fontes de energia renováveis em detrimento das fontes de energia não renováveis, criação e desenvolvimento de programas financeiros que apoiem a renovação, e reforço das políticas de incentivo.

Desta forma, a ELPRE pretende reabilitar e tornar os edifícios energeticamente mais eficientes, potencializando o alcance de múltiplos objetivos, designadamente, a redução da fatura e da dependência energética do país, a redução de emissões de gases com efeito de estufa, a melhoria dos níveis de conforto e qualidade do ar interior, o benefício para a saúde, a promoção da produtividade laboral, o combate à pobreza energética, a extensão da vida útil dos edifícios e o aumento da sua resiliência.

## **3 REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA PORTUGUESA**

### **3.1. Enquadramento Legislativo**

Em função da crescente preocupação com questões ambientais, foi publicada a nova Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que alterou a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/EU sobre a Eficiência Energética, as quais foram transpostas para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de setembro, que estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).

O Decreto-Lei nº 101-D/2020 entrou em vigor dia 8 de setembro, no entanto a maioria das novas regras tornou-se aplicável somente a partir de dia 1 de julho de 2021. Assim sendo, surge o Manual SCE que “contém o conjunto de regras e orientações para a instrução, condução e conclusão dos processos de avaliação do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as especificidades dos edifícios abrangidos” (Despacho n.º 6476-H/2021).

### **3.2. Legislação sobre Certificação Energética dos Edifícios (SCE 2021)**

O Manual sobre Certificação Energética dos Edifícios (SCE 2021) define como edifício novo, aquele edifício cujo processo de licenciamento ou autorização tenha data de entrada do projeto de arquitetura posterior a 01 de julho de 2021, e edifício existente como todos aqueles cuja submissão do projeto de arquitetura para efeitos do processo de licenciamento, tenha sido entregue às entidades competentes antes do dia 01 de julho de 2021. Define, ainda, edifício existente sujeito a grandes intervenções todo e qualquer edifício que necessite de uma obra de construção, reconstrução, alteração, instalação ou modificação de um ou mais componentes com influência no desempenho energético, cujo valor da obra seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, com exclusão do valor do terreno.

Com relação aos requisitos de desempenho energético a que estão sujeitos todos os edifícios de habitação novos e aqueles sujeitos a grandes renovações, destacam-se:

- Envolvente opaca e envolvente envidraçada;
- Sistemas Técnicos;
- Sistemas de Ventilação;
- Sistemas de Climatização;
- Sistemas de Preparação de AQS;
- Instalações de elevação;
- Infraestruturas para veículos elétricos;
- Conforto térmico: deverão ser respeitados os valores limites das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) e o valor das necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_{tc}$ ). Contudo, é importante ressaltar que, face à legislação anterior apenas a formulação de  $N_{tc}$  sofreu alterações, sendo incorporado um fator de anulação do consumo de energia para o aquecimento ( $\delta i$ ) e de energia para arrefecimento ( $\delta v$ );
- Desempenho energético;
- Rácio da classe energética;
- Indicador da energia primária renovável.

Os edifícios que terão de sofrer renovações estão sujeitos aos três primeiros pontos. Terão ainda de atender aos requisitos mencionados, os edifícios alvo de programas de financiamento e os edifícios elegíveis para acesso a benefícios fiscais. Por outro lado, estão isentos do cumprimento dos requisitos mencionados anteriormente edifícios unifamiliares cuja área útil de pavimento seja igual ou inferior a 50 m<sup>2</sup>, edifícios de habitação que sejam alvo de transmissões não remuneradas, como por exemplo doações, legados e heranças.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, deixou de ser obrigatório a realização e entrega do Projeto Térmico, no entanto para a verificação do cumprimento dos requisitos exigidos, tanto para edifícios novos como edifícios sujeitos a grandes renovações é necessário incorporar nos Projetos das mais variadas especialidades os componentes que até então constavam no Projeto Térmico. Face às

dificuldades sentidas em colocar em prática o disposto anteriormente, o Decreto-Lei n.º 102/2021, de 19 de novembro, que estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, introduziu a primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, repondo a obrigatoriedade da realização e entrega do Projeto Térmico enquanto projeto de especialidade. No entanto para fins de certificação energética o Projeto Térmico não é válido, devendo o perito qualificado analisar os requisitos exigidos aos diversos componentes dos edifícios de habitação através da consulta dos projetos das seguintes especialidades:

- Envolvente opaca e envidraçada- Projeto de arquitetura;
- Sistemas de ventilação e climatização- Projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC);
- Sistemas de preparação de AQS- Projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), ou, Projeto de redes prediais de água e esgotos;

É de salientar que o projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), que até então não era um projeto de especialidade em edifícios de habitação, tornou-se obrigatório.

São exigidas aos edifícios de habitação as seguintes certificações energéticas:

- PCE (Pré certificado energético): visando a licença ou autorização de construção do edifício.
- CE (Certificado energético): objetivando a licença ou autorização de utilização do edifício, os edifícios novos ou edifícios sujeitos a grandes renovações. E ainda, estão sujeitos à Declaração provisória do SCE os edifícios cuja avaliação do desempenho energético não é possível de ser realizada, vindo substituir a antiga Declaração de ruína.

No Despacho n.º 6476-E/2021, são definidas 8 classes energéticas, A+, A, B, B-, C, D, E, F, sendo A+ o melhor desempenho energético do edifício e F o pior desempenho energético do edifício. Para edifícios novos, a classe energética mínima é A. Já para os edifícios sujeitos a grandes renovações a classe energética mínima é C.

A metodologia de cálculo da classe energética de um edifício é obtida a partir da razão entre o valor das necessidades nominais anuais de energia primárias ( $N_{tc}$ ) e o corresponde

ao seu valor limite regulamentar ( $N_t$ ) de acordo com a tabela 1, obtida a partir do Despacho n.º 6476-I/2021, de 1 de julho.

Tabela 1- Intervalos de valor de  $R_{Nt}$  para edifícios de habitação (Fonte: Despacho n.º 6476-I/2021, de 1 de julho).

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

A certificação energética dos edifícios permite avaliar o desempenho energético global do mesmo e verificar o cumprimento dos requisitos exigidos a cada tipo de edifício, aquando da sua construção, ou da sua renovação. Contém medidas de melhoria energética dos edifícios e como proceder a sua implementação, além de conter informações para os futuros utilizadores dos edifícios sobre os consumos de energia, medidas de melhoria e a classe do imóvel.

No que tange às exigências relativas aos sistemas de climatização, a Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho, estabelece que devem dispor de dispositivos que permitam a regulação da temperatura de cada espaço interior dos edifícios, através da regulação da potência de aquecimento e/ou arrefecimento em função da temperatura interior e da definição de conforto térmico para cada divisão. Devem, ainda, todas as tubagens instaladas no exterior onde circule água quente, ser revestidas com isolamentos térmicos e apresentar proteções mecânicas e ultravioletas, as tubagens enterradas devem dispor de proteção mecânica estanque, com isolamento térmico e barreira de vapor.

Relativamente aos sistemas de produção de AQS, de acordo com a mesma portaria, devem ser utilizados, preferencialmente, sistemas técnicos que recorram a fontes de energias renováveis, os coletores solares térmicos com área de captação superior a 15 m<sup>2</sup>, devem dispor de monitorização e registo de produção. É também recomendado que, no caso de incorporação de coletores solares térmicos, o sistema assegure entre 50% a 75%

das necessidades anuais de AQS, de modo a otimizar o seu funcionamento. No que tange aos sistemas de produção de energia elétrica devem ser dimensionados em função do consumo de energia do edifício e da eventual necessidade de injeção na rede, devem também ser enquadrados por autoconsumo renovável individual, coletivo ou cogeração.

De acordo com o Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho, o cálculo da energia final para aquecimento e arrefecimento do ar interior e preparação das AQS deve levar em consideração a eficiência dos sistemas técnicos responsáveis por cada função. Nos sistemas técnicos do tipo bomba de calor e ar condicionado deve ser considerada a sua eficiência sazonal (SCOP e SEER) sempre que disponível, para os restantes sistemas técnicos deve ser considerada a eficiência nominal.

### 3.3. Avaliação do desempenho energético

O cálculo do desempenho energético dos edifícios é realizado com base nos índices  $N_{ic}$  (necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento),  $N_{vc}$  (necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento),  $N_{tc}$  (necessidades nominais anuais de energia primária), para o edifício real em estudo e também nos índices  $N_i$  (necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referencia),  $N_v$  (necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referencia) e  $N_t$  (necessidades nominais anuais de energia primária de referencia) para o mesmo edifício mas considerando parâmetros e soluções térmicas de referencia, inexistência de sistemas renováveis e de ventilação mecânica.

#### -Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ):

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento traduzem a energia útil que é necessária para que o edifício se mantenha a uma temperatura de 18°C ininterruptamente durante toda a estação de aquecimento, inverno.

Equação 1:

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad [kWh/(m^2.ano)]$$

Onde:

$N_{ic}$ - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

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

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

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

$A_p$ - Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>].

#### -Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ):

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento traduzem a energia útil que é necessária para que o edifício se mantenha a uma temperatura de 25°C ininterruptamente durante toda a estação de arrefecimento, verão.

Equação 2:

$$N_{vc} = (1 - n_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]$$

Onde:

$N_{vc}$ - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

$n_v$ - Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

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

$A_p$ - Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>].

#### - Necessidades nominais anuais de energia útil para AQS ( $Q_a$ ):

As necessidades nominais anuais de energia útil para AQS são determinadas tendo em conta o consumo médio diário de referência, correspondente a 40 litros por ocupante do edifício e por dia, levando em consideração que o número de ocupantes é determinado como a tipologia do edifício mais 1.

Equação 3:

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

Onde:

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

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

$\Delta T$ - Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS, assumindo o valor de fixo de 35 [°C];

$n_a$ - Número anual de dias de consumo de AQS, assumindo o valor fixo de 365 [dias/ano].

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

As necessidades nominais anuais de energia primária correspondem à energia primária anual total para satisfazer as necessidades de climatização ambiente e preparação das águas quentes sanitárias, e também da energia necessária para o funcionamento da ventilação mecânica, retirando a contribuição da energia proveniente de fontes renováveis para os diversos usos regulados. Para o cálculo do  $N_{tc}$  as necessidades de energia útil são convertidas em necessidades de energia final, afetando-as da eficiência dos sistemas técnicos e posteriormente convertidas em energia primária através do respetivo fator de conversão  $F_{pu}$ , sendo igual a 2,5 kWh<sub>ep</sub>/kWh para a eletricidade e 1 kWh<sub>ep</sub> /kWh para combustíveis sólidos, líquidos, gasosos não renováveis.

Equação 4

$$\begin{aligned}
 N_{tc} = & \sum_j \left( \sum_K \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_K \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left( \sum_K \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \frac{W_{vm,j}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,j} \\
 & - \sum_j \left( \frac{E_{ren,p}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,p} \quad [kWh_{EP} / (m^2 \cdot ano)]
 \end{aligned}$$

Onde:

$N_{tc}$ - Necessidades nominais anuais de energia primária [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)];

$N_{ic}$ - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

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

$N_{vc}$ - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

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

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

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

$\eta_k$ - Eficiência do sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ , que corresponde ao respetivo valor de  $EDEE$ , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeração e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida.

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

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

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

$\delta_i$ - Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento, igual a 0 quando a relação  $N_{id}/N_i$  é menor ou igual a 0,6 e o produto  $g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$  é menor ou igual a 0,15 em todos os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior, excluindo desta condição os situados no quadrante norte e aqueles em que a soma da sua área por espaço é igual ou inferior a 5% da área de pavimento desse mesmo espaço, tomando um valor igual a 1 nas restantes situações;

$\delta_v$ - Fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento, igual a 1, exceto quando existem condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado, isto é, quando o fator de utilização de ganhos térmicos ( $\eta_p$ ) é superior ao respetivo fator de referência ( $\eta_{ref}$ ), assumindo nesta situação o valor 0;

$F_{pu,j} F_{pu,p}$ - Fator de conversão de energia final para energia incluindo renovável [kWh<sub>EP</sub>/kWh];

#### - Indicador de energia primária renovável em edifícios de habitação (Ren<sub>Hab</sub>):

O indicador de energia primária renovável é calculado pela razão entre a energia primária total renovável para autoconsumo para aquecimento, arrefecimento e preparação das AQS e a energia primária total para preparação das águas quentes sanitárias.

Equação 5

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

Onde:

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

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

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

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

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

$\eta_k$ - Eficiência do sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ ;

$F_{pu,j} F_{pu,p}$ - Fator de conversão de energia final para energia incluindo renovável [kWh<sub>EP</sub>/kWh];

## **4. ENERGIAS RENOVÁVEIS**

### **4.1. Energias Renováveis em Portugal**

De acordo com a Associação de Energias Renováveis (APREN), as fontes de energia renováveis são recursos naturais, que com utilização e uso racional podem manter-se e ser aproveitadas ao longo do tempo sem a possibilidade de esgotamento.

A utilização das energias renováveis traz muitas vantagens ambientais, sendo a mais impactante para o planeta a redução significativa da emissão de gases de efeito de estufa (GEE), que atualmente são os principais causadores do aquecimento global, o que ocorre devido a não utilização dos combustíveis fósseis.

Portugal tem uma sólida presença de energias renováveis, especialmente na geração de eletricidade a partir de fontes hidroelétricas e eólicas. Em 2021 62.2% da eletricidade consumida no país foi gerada a partir de fontes renováveis. Além disso, Portugal tem um forte compromisso de aumentar a sua capacidade de geração de energia renovável e atingir metas ambiciosas de descarbonização até 2030 (APREN, 2022).

O anuário da Associação Portuguesa de Energias Renováveis ressalta ainda que as fontes de geração de eletricidade que mais contribuíram para o consumo nacional de eletricidade, no ano de 2021, foi a energia eólica, com 27.1% de contributo na geração de eletricidade, seguida da energia hídrica, com 21,2%, a energia da biomassa e a energia solar representaram um contributo de 6.9% e 3.7%, respetivamente (APREN, 2021).

### **4.2. Energia solar**

A energia solar é o nome dado à energia obtida a partir da radiação proveniente do Sol, constituindo-se em uma das mais importantes vertentes das energias renováveis nos dias de hoje. O aproveitamento desta fonte de energia nos edifícios de habitação pode ser feita por meio de coletores solares térmicos, permitindo o aquecimento de águas sanitárias e o aquecimento do ambiente interior, ou por meio de painéis solares fotovoltaicos responsáveis pela produção de eletricidade a ser autoconsumida pelos edifícios.

Segundo a Agência Europeia do Ambiente (EEA), esta forma de obtenção de energia, uma das mais promissoras atualmente, vem crescendo em virtude da redução dos preços

e dos incentivos oferecidos para que os países adotem fontes renováveis de energia. No entanto, apesar do crescimento do uso da energia solar nos últimos anos, essa forma energética representa apenas 1,3% da energia elétrica gerada no mundo.

Segundo a APREN (2021), Portugal tem vindo a demonstrar-se no contexto europeu como um dos mercados mais promissores para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica, em função da sua localização geográfica privilegiada em termos de irradiação solar como recurso renovável, assim como pela visão estratégica de desenvolvimento do setor renovável incluída no Plano Nacional de energia e Clima para 2030 (PNEC 2030).

Em 2021, a potência solar fotovoltaica instalada em Portugal, de aproximadamente 701 MW, correspondeu a uma parcela 3.7% do consumo de eletricidade nacional, um percentual muito reduzido quando se compara com o cenário de eletricidade renovável consumida como um todo, que já é de 62.2 % da procura, no entanto face ao ano de 2020 verificou-se um aumento percentual da parcela do consumo de eletricidade nacional gerada por origem solar de 1.1%.

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia, em 2021, a produção de energia elétrica a partir da energia solar, mais explicitamente a energia Fotovoltaica foi de 2237 GWh.

Portugal dispõe de um número médio de 2200 a 3000 horas de sol por ano, sendo a irradiação solar global anual entre 1400 kWh/m<sup>2</sup> e 1700 kWh/m<sup>2</sup>, em Vila Real e Faro, respetivamente (ADENE, 2017).

### **4.3. Energia a Biomassa**

A definição de biomassa no contexto da geração de energia pode ser considerada um recurso natural renovável, contrariamente aos combustíveis fósseis. Neste tipo de energia não são contabilizados os tradicionais combustíveis fósseis, apesar de estes serem também derivados do ramo vegetal e mineral (são exemplos carvão mineral do ramo vegetal e o petróleo e gás natural do ramo mineral), no entanto estes são resultado de várias transformações que requerem vários milhões de anos para acontecerem (Reis, 2020).

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia, a biomassa quando queimada provoca a libertação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, no entanto esta é ainda considerada uma fonte de energia limpa, já que devido ao processo de fotossíntese das plantas, que ocorre antes da origem do combustível biomassa, o balanço de emissões de CO<sub>2</sub> é considerado nulo.

De acordo com Carneiro (2010) a energia biomassa pode apresentar-se como:

-Biomassa sólida: que tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura, florestais e industriais relacionada com elas. Incluindo a fração biodegradável. Sendo esta a Biomassa mais utilizada como fonte de energia em habitações.

-Biomassa gasosa: é uma forma de biocombustível, também conhecido como biogás.

-Biomassa líquida: é constituída por compostos muito oxigenados que podem ser obtidos por pirólise rápida a partir de uma enorme variedade de produtos tais como: resíduos florestais, resíduos da indústria da madeira, bagaço de cana-de-açúcar, cascas de cereais.

A energia da biomassa é predominantemente utilizada nas habitações sob a forma de pellets e lenha, para o aquecimento do ar interior e produção de águas quentes sanitárias (AQS) através de sistemas técnicos como recuperadores de calor, salamandras e caldeiras, que são sistemas que oferecem um elevado nível de conforto e proporcionam um aquecimento uniforme e de baixo custo.

Em Portugal, segundo os dados da APREN (2021), os preços dos pellets tiveram uma redução aproximada de 12% entre os anos de 2010 e 2019. No entanto, a partir de 2020, ocorreu uma inversão nesta tendência de queda nos preços. Sendo que em 2022, em função do advento da Guerra da Ucrânia, que causou uma crise energética na Europa, este preço teve um aumento significativo.

#### **4.4. Energia Eólica**

A fonte de energia eólica tem origem no fluxo de massa de ar causado pelo aquecimento desigual da zona atmosférica. É uma forma de obtenção de energia alternativa renovável, limpa e sustentável aos combustíveis fósseis em todas as regiões do mundo.

Rodrigues (2019) relata que a energia eólica consiste na conversão da energia do vento para que possa ser utilizada pelos consumidores finais. Atualmente o principal aproveitamento da energia eólica é a produção de eletricidade, que se faz com recurso a aerogeradores. Estes dispositivos são responsáveis pela conversão da energia cinética do vento em energia elétrica, através do movimento das hélices com velocidade do vento.

De acordo com Antunes (2016), a energia eólica apresenta vantagens e desvantagens na sua produção. Uma das maiores desvantagens da energia eólica é a poluição sonora, uma vez que, a turbina não é nada silenciosa, o que é desconfortável mesmo a longas distâncias. Contudo, esta desvantagem é minimizada pela tecnologia devido à redução do ruído causado pelas turbinas eólicas modernas. O mesmo autor relata ainda que, a poluição paisagista, os impactos sobre a fauna, principalmente, a colisão de morcegos e aves, bem como as variações significativas da velocidade do vento ao longo do ano, e os elevados custos de investimento em propriedades para instalação das turbinas, são outras desvantagens do uso da energia eólica.

No entanto, os inúmeros benefícios, principalmente àqueles relacionados à diminuição da dependência de combustíveis fósseis, as suas fontes inesgotáveis (ventos), além da redução da emissão de carbono, permitem que este tipo de energia venha sendo amplamente utilizado na Europa e no mundo (Antunes, 2016).

Atualmente já se encontram no mercado sistemas técnicos que recorrem à energia eólica para produção de eletricidade com aplicabilidade em edifícios de habitação. Estes sistemas técnicos, microaerogeradores, são caracterizados por terem dimensões inferiores aos aerogeradores tradicionais. Além destes, a empresa espanhola Vortex Blandeless foi a pioneira no desenvolvimento de modelos de sistemas eólicos sem turbinas a partir de um mastro de vidro e carbono, que gera energia através das oscilações de pressão criadas pelo vento, capazes de tornar um edifício de habitação autossustentável combinado com a tecnologia fotovoltaica, apresentando a vantagem de não produzir ruído, nem interferir

com a fauna local. Contudo ainda não é uma tecnologia comumente utilizada nos edifícios de habitação.



Figura 4-Sistemas eólicos sem turbinas a partir de um mastro de vidro e carbono (Fonte: Vortex Blandeless).

## 4.5. Energia Geotérmica e Aerotérmica

### 4.5.1. Energia Geotérmica

A Energia Geotérmica provém da extração do calor do interior da Terra. Neste âmbito, as tecnologias vêm sendo desenvolvidas para aproveitar este tipo de energia que pode ser retirada através das águas quentes ou por meio de perfurações de reservatórios de vapor de água no interior da Terra.

De acordo com a Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN) o processo de conversão do calor do interior da Terra em energia nas centrais geotérmicas consiste na captação da água quente ou em forma de vapor no interior da Terra através de tubos apropriados e sua libertação sob forte pressão. O vapor libertado move de forma mecânica as turbinas que acionam o gerador responsável pela produção da energia elétrica.

A energia geotérmica destaca-se pela sua vantagem de não depender das condições climáticas, como a radiação solar e vento, sendo vista como uma energia contínua, com total disponibilidade e inesgotável (*Ramalho et al 2014*).

Existem regiões de Portugal que são mais propensas à utilização deste tipo de energia, nomeadamente locais com fendas tectónicas, onde se sobressair o gradiente geotérmico.

No entanto distritos situados mais afastados de locais tectónicos, tendem a não usufruir de grandes possibilidades de aproveitamento como é o caso de Vila Real.

#### **4.5.2. Energia Aerotérmica**

A energia aerotérmica pode ser definida como uma energia renovável, limpa e sustentável que aproveita a energia térmica existente no ar exterior e a transfere para o interior dos edifícios para ser utilizada com a finalidade de garantir o conforto térmico e a produção das águas quentes sanitárias, recorrendo ao uso de bomba de calor aerotérmica. Esta energia é obtida a partir da diferença de temperatura entre o ar quente na superfície da Terra e o ar frio na atmosfera.

Tal como o recurso geotérmico, também o aerotérmico apresenta vantagens de ser uma energia renovável, disponível ininterruptamente e não poluente, no entanto, ao contrário da energia geotérmica, esta está dependente das condições climatéricas e oscilações da temperatura ambiente.

## 5. Tecnologia Fotovoltaica

Os sistemas fotovoltaicos funcionam através da conversão direta da radiação solar em energia elétrica, o chamado efeito fotovoltaico, que ocorre nas células fotovoltaicas constituídas por materiais semicondutores como o silício (Rodrigues, 2019).

O autoconsumo fotovoltaico é entendido como a utilização da energia solar mediante sistemas fotovoltaicos para a produção de energia elétrica para consumo próprio no local ou nas proximidades.

### 5.1. Componentes do Sistema Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos constituem uma tecnologia de aproveitamento dos recursos endógenos para produção de energia elétrica de forma descentralizada. Existem diferentes tipos de células fotovoltaicas, dependendo da natureza e características dos materiais utilizados, mas todos os sistemas apresentam uma configuração semelhante à observada na figura 5.

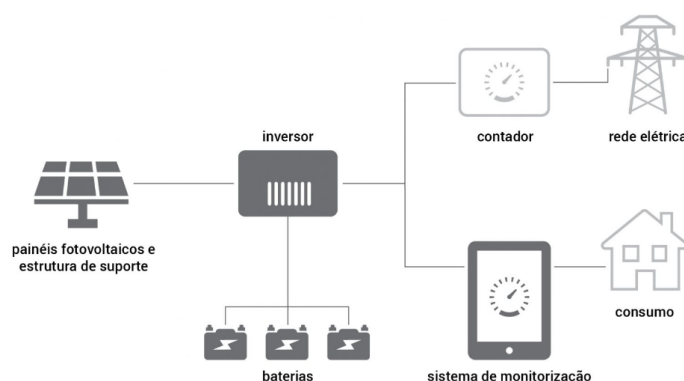


Figura 5- Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico (Fonte: Energias Madeira).

#### 5.1.1. Painéis Solares Fotovoltaicos

Os painéis solares fotovoltaicos podem ser instalados em qualquer local que tenha irradiação solar suficiente. Apresentam como vantagem o facto de não gerarem poluição ambiental nem acústica. Fatores como a qualidade, eficiência, custo de instalação e área disponível para a sua implementação são decisivos na escolha do módulo fotovoltaico (Trigueiros, 2022).

Existem no mercado vários tipos de painéis solares fotovoltaicos para utilização em habitações, os quais dependem das características dos materiais utilizados. A tecnologia mais adotada no mercado europeu e de Portugal é atualmente aquela que utiliza o silício cristalino, o qual se subdivide em poli e monocristalino. A diferença entre uma célula solar monocristalina e policristalina é a composição do cristal de silício. Deste modo, nos painéis solares monocristalinos, as células fotovoltaicas são formadas por um único tipo de cristal de silício, ao passo que, as células policristalinas são formadas por um conjunto de diferentes cristais unidos.

Os painéis solares monocristalinos, são mais eficientes, ou seja, conseguem produzir mais energia com a mesma área disponível, apresentando maior capacidade de produção de energia que os policristalinos. No entanto, para a produção das células fotovoltaicas monocristalinas existe uma utilização significativamente maior de energia o que as torna mais dispendiosas, tornando deste modo o custo dos painéis solares monocristalinos mais elevados (Costa 2022). Segundo Monteiro (2014), o rendimento das células monocristalinas consegue atingir de 12% a 16%.

Os painéis solares policristalinos, têm uma menor eficiência em relação aos monocristalinos devido ao maior número de impurezas, no entanto pelo facto do seu processo de fabricação ser menos dispendioso os painéis solares com esta tecnologia são mais baratos e acessíveis (Costa 2022). Neste âmbito, estima-se que os painéis solares policristalinos, tenham um rendimento entre os 11% e os 13% (Monteiro, 2014).

Existem também os painéis com uso de películas finas semicondutoras, que são estruturas muito finas com espessura de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ . Dependendo do material utilizado, podemos encontrar painéis de película fina de silício amorfo (*a-Si*), 40 vezes mais eficiente que as células de silício monocristalino, de arsenieto de Gálio (*GaAs*) com uma eficiência de 29% e disseleneto de cobre-índio e cobré-índio-gálio (*CIS* e *CIGS*) (Carvalho, 2021).

### **5.1.2. Inversores**

Os inversores são aparelhos que transformam a corrente contínua CC, gerada pelo painel fotovoltaico, em corrente alternada CA, realizando a ligação entre o sistema fotovoltaico e a rede elétrica para que possa ser utilizada pelos aparelhos elétricos. A sua principal

função é converter o sinal elétrico contínuo do painel em um sinal elétrico alternado, fazendo o ajuste da frequência e do nível da tensão da rede no qual está ligado (Trigueiros, 2022).

Em função da sua potência e capacidade de receber o arranjo fotovoltaico, os inversores interativos são classificados em:

- Inversor Central:

Nos sistemas solares fotovoltaicos com inversor central os painéis fotovoltaicos estão todos conectados ao mesmo inversor, e devem apresentar características técnicas e disposições semelhantes de modo a não reduzir a sua eficácia. Apresentam a vantagem de possuírem uma elevada eficácia a um baixo custo, no entanto apresentam a desvantagem de, por ser um único inversor, em caso de avaria todo o sistema de produção de energia deixara de funcionar (Trigueiros, 2022).

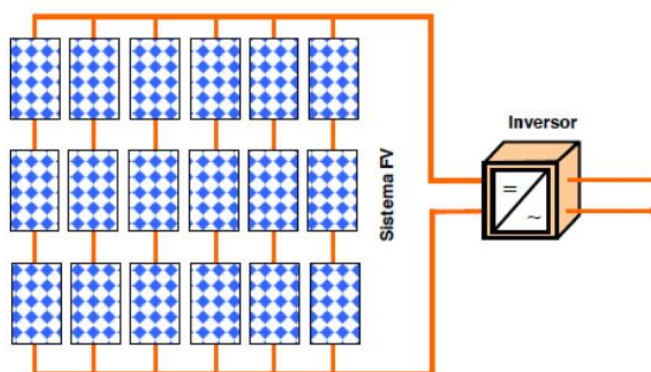


Figura 6- Esquema Inversor Central (Fonte: Docplayer, IPB).

- Inversor de fileira ou string:

Nos sistemas solares fotovoltaicos com inversor de fileira cada fileira de módulos está conectada a um inversor, permitindo deste modo um melhor ajuste de potência e um aumento da potência instalada no sistema pelo acrescento de fileiras. Por norma o inversor de fileira ou string é utilizado para sistemas fotovoltaicos de grandes dimensões e com características técnicas e de disposição diferentes de fileira para fileira, ressaltando que dentro da mesma fileira de módulos estes devem possuir características semelhantes pois estão conectadas a um único inversor (Trigueiros, 2022).

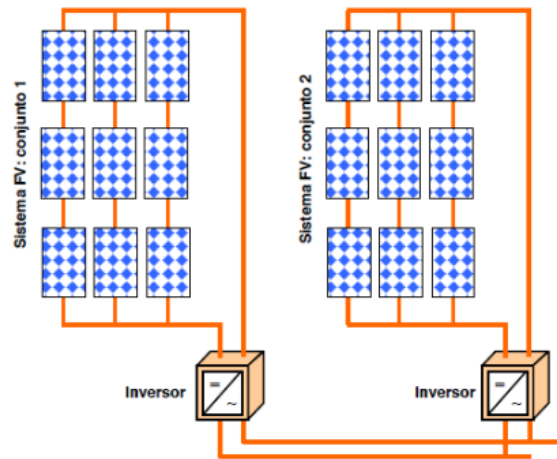


Figura 7- Esquema Inversor de Fileira (Fonte: Docplayer, IPB).

- Inversor com módulo ou micro inversores:

São inversores de menores dimensões e que por norma estão associados a apenas um painel fotovoltaico. Apresentam como principais vantagens, a maior eficiência, a capacidade de produção com menores valores de radiação, no entanto apresentam como desvantagem o aumento do custo de instalação pelo grande número de inversores num sistema fotovoltaico com vários painéis solares (Costa, 2022).

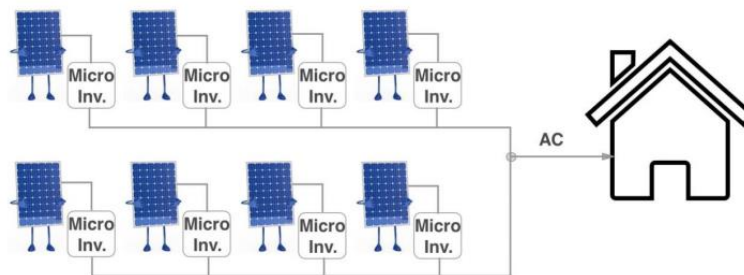


Figura 8-Esquema de micro inversores (Fonte: Costa,2022).

- Inversores híbridos:

São inversores que além de permitirem a ligação de vários módulos fotovoltaicos em paralelo ou string, permitem também a ligação de uma bateria de armazenamento de energia ao sistema fotovoltaico, permitindo deste modo aumentar a potência de pico do sistema sem aumentar o excedente de produção energética, pois a energia que não for

consumida no momento da produção poderá ser armazenada para ser consumida posteriormente (Costa, 2022).

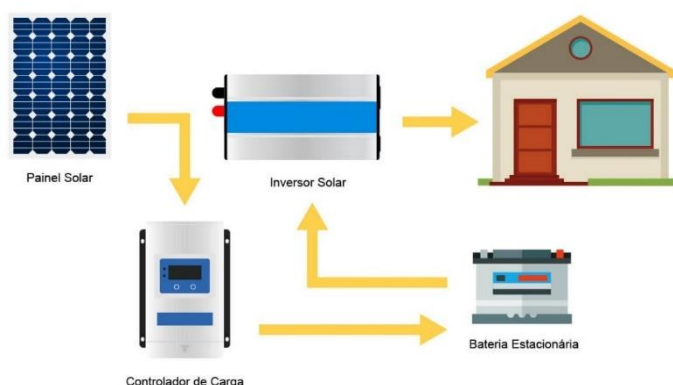


Figura 9- Esquema Inversor Híbrido (Fonte: Neosolar).

### 5.1.3. Armazenamento de Energia (Baterias)

Considerando que os sistemas solares fotovoltaicos produzem energia elétrica apenas durante o dia, podem ser utilizados equipamentos para realizar o armazenamento da energia e utilizá-la nos períodos onde não existe produção fotovoltaica. Neste sentido, as baterias possibilitam este armazenamento, pois sempre que houver produção em excesso, o armazenamento da energia para utilização nos períodos de baixa ou nenhuma produção fotovoltaica.

A escolha das baterias a incorporar num sistema fotovoltaico deve atentar-se a alguns critérios de modo a rentabilizar o seu custo de investimento inicial que, atualmente, ainda é elevado, entre esses critérios de seleção estão, ser tolerante a carregamentos intermitentes, um elevado número de ciclos de vida, isto é, uma elevada durabilidade (Costa, 2022).

Segundo Costa, 2022 existem vários tipos de baterias de acumulação de energia, nomeadamente:

- Baterias de íões de lítio: São constituídas por um cátodo de lítio e um ânodo de carbono poroso e um eletrólito composto por sais de lítio. São uma tecnologia mais recente, e atualmente as mais utilizadas nos sistemas fotovoltaicos. Apresentam as vantagens de suportarem carregamentos/descarregamentos intermitentes, elevada

capacidade de armazenamento de energia, são tolerantes a altas temperaturas, apresentam uma durabilidade aceitável, são compactas e leves. Apresentam a desvantagem de terem um custo elevado.

- Baterias de chumbo-ácido: São uma tecnologia mais antiga e são fabricadas da mesma forma há décadas. Apresentam as desvantagens das vantagens das baterias de íões de lítio, sendo a sua principal vantagem o custo de investimento mais reduzido.

#### **5.1.4. Controladores de Carga**

O controlador de carga tem como função evitar descargas e sobrecargas elétricas da bateria, contribuindo para a durabilidade da mesma. Enquanto a bateria não está próxima da sua carga total, o controlador permite a passagem de corrente carregando-a, mas á medida que esta se aproxima do seu carregamento máximo o controlador apenas permite a passagem de corrente intermitente (Berlenga, 2012).

#### **5.1.5. Estrutura de Suporte**

As estruturas de suporte dos painéis fotovoltaicos a ser aplicados nos telhados, inclinados ou planos, ou no solo de modo a garantir o posicionamento do mesmo sobre o ângulo ótimo, por norma são feitas em alumínio ou aço inoxidável. A estrutura de suporte deve ser feita com materiais de qualidade de modo a evitar a sua corrosão uma vez que está exposta as mais diversas condições climáticas e deve ser fácil de instalar.

Para uma correta fixação do sistema fotovoltaico deve-se minimizar o escoamento de águas e permitir a passagem do ar, definindo o espaço correto entre a superfície dos módulos e a cobertura do telhado. Também o espaço entre os módulos é um critério a ter em conta de modo a compensar a ação da pressão do vento, geralmente é aconselhado cerca de 2 cm (Batista, 2019).

## 5.2. Tipos de sistemas Fotovoltaicos

### 5.2.1. Sistemas ligados à Rede

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, também conhecidos como sistemas *on grid*, constituem-se em um conjunto de equipamentos capazes de transformar a energia do sol em energia elétrica e transportá-la para a rede elétrica de energia. Estes sistemas são formados, basicamente, pelos módulos fotovoltaicos e por inversores que fazem a interface entre o painel e a rede (Freitas, 2008).

Segundo Costa (2022), são sistemas que fornecem energia para autoconsumo e estão simultaneamente ligados à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Podem ser dimensionados de modo a maximizar ou minimizar a injeção na RESP. A potência do sistema fotovoltaico deve ser próxima da potência contratada pelo cliente.

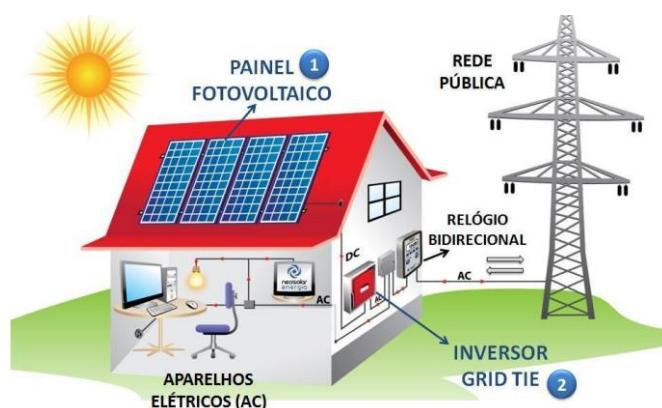


Figura 10-Esquema Sistema Fotovoltaico ligado à rede (Fonte: NeoSolar).

### 5.2.2. Sistemas Isolados ou Autônomos

Estes sistemas foram os primeiros a serem concebido, entre as décadas de 1950 e 1970, no início da utilização da energia solar fotovoltaica. Constituem-se sistemas capazes de operar em locais onde não existe a possibilidade de ligação à RESP, quer por razões técnicas, quer por ser muito dispendioso a nível económico (Monteiro, 2014).

De forma geral, a utilização atual de sistemas fotovoltaicos isolados ocorre principalmente, com o objetivo de fornecer energia elétrica a localidades não atendidas pela rede elétrica, ou ainda para manutenção de equipamentos fora da rede elétrica, de forma, que este continue a operar mesmo na ausência de energia na rede pública.

Os sistemas isolados, também conhecidos por *off grid*, sem armazenamento de energia, a energia produzida é automaticamente consumida pelos equipamentos elétricos, ou recetores. No entanto existe um desperdício do excedente da produção fotovoltaica (Monteiro, 2014).



Figura 11- Esquema Sistema Fotovoltaico Isolado (Fonte: NeoSolar).

### 5.2.3. Sistemas Híbridos

Os sistemas fotovoltaicos híbridos são na realidade a junção do sistema ligado à rede (*On Grid*) e do sistema isolado (*Off Grid*), ou seja, buscam a união das melhores características de cada um deles: a conexão com a rede de distribuição local e o armazenamento próprio de energia.

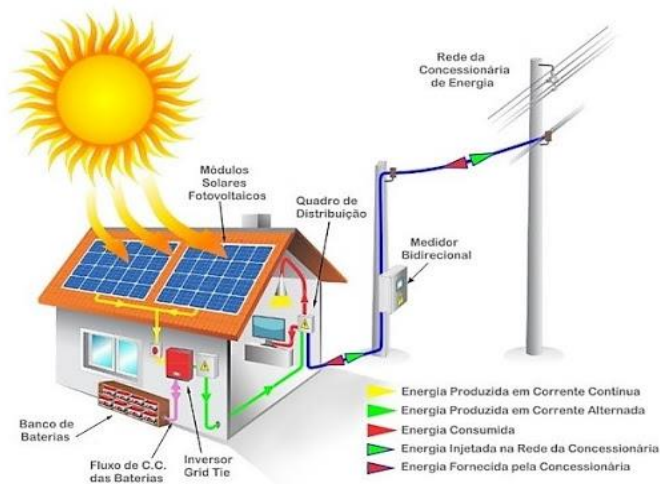


Figura 12- Esquema Sistema Fotovoltaico Híbrido (Fonte: Oca Solar Energia).

## 5.4. Legislação da Tecnologia Fotovoltaica

Em Portugal, atualmente vigora o Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro, que regulamenta a produção de energia renovável para autoconsumo, estabelecendo as regras para a atividade de produção associada às instalações de autoconsumo. Esse decreto transpõe a Diretiva 2019/944 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, que estabelece as regras comuns para o mercado interno de eletricidade, e, parcialmente, a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, que promove a utilização de energia renovável.

Existem dois regimes de produção, a Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) e Unidade de Pequena Produção (UPP). A UPAC é a produção de energia elétrica de fontes renováveis para consumo próprio, cujo excedente pode ou não ser vendido à Rede Elétrica de Serviços Públicos (RESP). Já a UPP é a produção de eletricidade que é totalmente injetada na RESP, por meio de instalações de baixa potência que não ultrapassam os 250 kW (Cardoso, 2021).

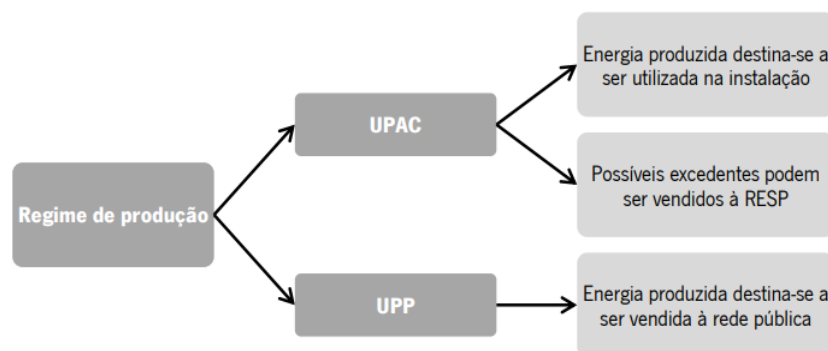


Figura 13-Vertentes do regime de produção (Fonte: Cardoso, 2021).

De acordo com o Decreto-Lei n.º 15/2022, a produção e armazenamento de eletricidade está sujeita a um conjunto de requisitos, tais como a obtenção de licença de produção e de exploração, registo prévio e certificado de exploração, ou a comunicação prévia, em função da potência instalada.

Sendo importante salientar que as diferentes potências instaladas apresentam requisitos específicos:

- Para a produção de eletricidade para autoconsumo com potência instalada inferior a 700 W e sem injeção do excedente na RESP, não há necessidade de controlo prévio;
- Para a produção de eletricidade para autoconsumo com potência instalada superior a 700 W e inferior a 30 kW, é necessária comunicação prévia;
- Para a produção de eletricidade para autoconsumo com potência instalada superior a 30 kW e inferior a 1 MW, é necessário registo prévio e certificado de exploração nos termos dos números 2, 3, 4, 5 e 9 do artigo 27.º-B e do artigo 27.º-C do Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto, na sua redação atual, devendo o despacho a que se refere o artigo 27.º-B do mesmo decreto-lei conter as especificidades decorrentes do regime objeto do Decreto-Lei n.º 15/2022;
- Para a produção de eletricidade para autoconsumo com potência instalada superior a 1 MW, é necessário obter licença de produção e exploração, nos termos dos artigos 8.º e seguintes do Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto, na sua atual redação.

Por fim, o decreto refere ainda que cabe à Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) tomar as decisões relativas à instrução e condução dos procedimentos de atribuição, alteração, transmissão e extinção dos títulos de controlo prévio.

#### **5.4.1. Requisitos para registo de atividade fotovoltaica**

Para realizar o registo da UPAC, pessoas físicas ou jurídicas, bem como condomínios de edifícios, devem cumprir os seguintes requisitos cumulativamente:

Ter, na data do pedido de registo, uma instalação elétrica de uso e, caso esteja conectada à RESP, ter um contrato de fornecimento de energia celebrado com a empresa comercializadora de eletricidade.

A potência da UPAC deve ser igual ou inferior a 100% da energia contratada com a empresa comercializadora mencionada no item anterior.

A potência aparente dos equipamentos de produção não deve ser superior a duas vezes a potência de saída do inversor.

Condições técnicas de conexão no local onde se pretende instalar a UPAC, atendendo aos limites e condições do Regulamento de Qualidade de Serviço e ao Regulamento Técnico de Qualidade.

#### **5.4.2. Procedimento para obtenção do registo e certificado de exploração**

Apenas é possível vender energia á RESP, caso a UPAC tenha uma potência instalada superior a 350 W.

O primeiro passo é realizar a instalação da UPAC e adquirir, com a e-Redes, um contador bidirecional para que mede o consumo energético da habitação adquirida da rede e também a injetada na rede a cada 15 minutos.

De seguida é necessário efetuar o registo da UPAC na Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), para obtenção da comunicação previa, para potências instaladas até 30 kW.

É ainda solicitado que seja aberta atividade nas Finanças, podendo ser feito pessoalmente, ou através do portal das finanças. Para vendas do excedente de produção inferiores a 12500 euros anuais, ou para quem já possui atividade aberta e não faturou esse montante anteriormente, está isento do IVA e dispensado de retenção na fonte do IRS.

Por último é exigido a celebração de um contrato de compra e venda da energia excedente com um comercializador.

Segundo a ERSE, atualmente estão 29 comercializadores de eletricidade a operar no mercado, no entanto apenas 4 comprar o excedente de produção de UPAC, sendo elas a Copérnico, JafPlus, Ezu Energy e LuzBoa.

## 6. SISTEMAS TÉCNICOS DE CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS E SISTEMAS EMISSORES

### 6.1. Sistema Solar Térmico

Os sistemas solares térmicos podem ser utilizados para o aquecimento de águas pois convertem a energia solar em energia térmica. O sistema é formado por um depósito, que tem como função acumular o calor absorvido. De forma geral, dentro do depósito existe um permutador de calor que permite a transmissão de calor do fluido que circula entre o depósito e o coletor para o fluido que circula entre o depósito e os emissores de distribuição finais (Isolani, P. 2008).

De acordo com a Agência para Energia os sistemas solares térmicos mais utilizados nos edifícios em Portugal são os sistemas de termossifão e o sistema de circulação forçada.

O sistema de termossifão é o mais utilizado em edifícios de habitação por serem mais compactos, terem um custo mais reduzido e serem de fácil instalação, o mais simples em termos de funcionalidade para se obter água quente a partir da energia solar, no entanto apresentam a desvantagem em termos a sua capacidade limitada de fornecimento de água, por isso não pode ser utilizado em construções de maior porte e com número mais elevado de moradores.

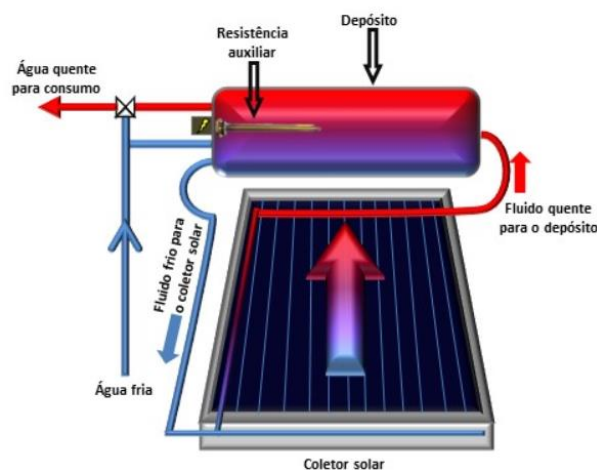


Figura 14-Sistema solar térmico com termossifão (Fonte: Dias, 2015).

O sistema de circulação forçada, por sua vez, é aquele em que o coletor solar e o depósito se encontram fisicamente separados. Conforme relata Dias (2015), o coletor solar térmico

de circulação forçada é composto pelo coletor solar, um circuito primário, bombas circuladoras, circuito secundário, vaso de expansão, apoio e depósito de AQS.

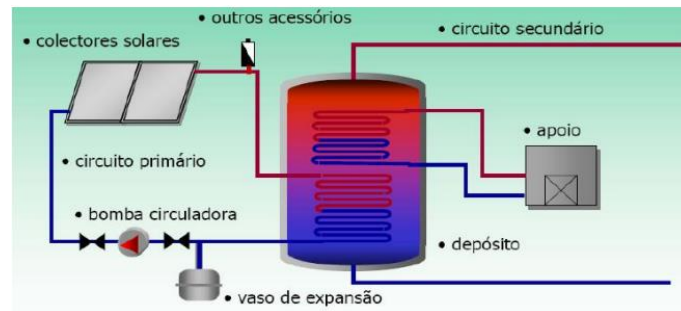


Figura 15-Sistema solar térmico de circulação forçada (Fonte: Dias, 2015).

O funcionamento deste sistema assemelha-se ao outro, com a radiação solar a incidir sobre a cobertura de vidro do painel solar. O calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem e transfere calor através da serpentina do depósito para a água de consumo. Os sistemas de circulação forçada dispõem de uma bomba de circulação que auxilia o fluido a chegar até ao depósito. A bomba pode ser acionada por meio de um termostato diferencial (Leão, 2019).

Relativamente ao depósito de AQS, a fim de reduzir ao máximo as perdas de energia térmica, deve dar-se preferência a um depósito de acumulação estratificado devido ao seu isolamento térmico, para além da redução das perdas, estes depósitos apresentam uma vida útil mais elevada e uma melhor rentabilidade energética (Dias, 2015).

As principais vantagens deste sistema assentam na sua utilização versátil, permitem uma boa integração arquitetónica com a cobertura, para além de que não contribuem com o peso do depósito para a cobertura.

Os coletores são os componentes mais importantes do sistema solar térmico, geralmente nos edifícios de habitação apenas é necessário produzir água quente até 50°C, sendo os coletores solares planos os mais recomendados, no entanto existem, também, outros tipos de coletores solares, nomeadamente os coletores solares parabólicos compostos e os coletores de vácuo que ambos permitem o aquecimento da água a uma temperatura superior a 70°C (Mendes, 2021).

## 6.2. Sistemas técnicos que recorrem ao uso da energia Biomassa

- **Recuperadores de Calor:** são equipamentos semelhantes às lareiras, mas que apresentam um rendimento térmico superior. São também, relativamente às lareiras, mais seguros, pois são um sistema fechado e mais fácil de controlar. Para além disso, tem a capacidade de aquecer uma divisão ou várias divisões, podendo ser utilizado como aquecimento local ou aquecimento central. Existem no mercado, recuperadores de calor que utilizam lenha, pellets, gás e os elétricos. Sendo que os recuperadores a lenha e a pellets são os mais utilizados atualmente.
- **Salamandras:** são equipamentos de geração de energia através da biomassa que produzem uma chama estável e duradoura. Podendo aquecer também uma divisão. Apresentam, em relação aos recuperadores de calor, a vantagem de não necessitarem da construção de uma chaminé, apenas uma conduta de evacuação de fumos. Em termos de eficiência energética, são bastante eficazes, pois repõem entre 60 a 85% do calor produzido.
- **Caldeiras a Biomassa:** estes equipamentos funcionam queimando o combustível gerando calor que é transmitido para o circuito de água no permutador incorporado no topo da camara de combustão, com o qual o calor é transferido para a água fria e é obtida água quente para o sistema de aquecimento ou AQS. Na maioria dos casos, um acumulador pode ser instalado, que armazenará o calor para fornecer instantaneamente.

## 6.3. Bombas de Calor

Uma bomba de calor é um sistema que extrai energia térmica de uma fonte de calor, seja ela água, terra ou ar, com a finalidade de realizar o aquecimento e/ou arrefecimento e produção de AQS de um edifício.

Existem bombas de calor ar-água, que extraem a energia térmica do ar exterior, também denominadas de aerotérmicas, bombas de calor água-água, que utilizam a água como fonte de calor e bombas de calor terra-água, que utilizam o solo como fonte de energia, sendo estas duas últimas denominadas de geotérmicas.

O funcionamento das bombas de calor segue o princípio do ciclo termodinâmico.

De uma forma resumida, e segundo Gomes (2019) e Leão (2019), no interior da bomba de calor existe um fluido circulante, ou refrigerante, com o qual ocorrem as trocas de calor. Para ser possível haver troca de calor, o fluido deve estar a uma temperatura mais baixa que a temperatura exterior.

A bomba de calor, através de um evaporador extrai o calor do meio ambiente (solo, água ou ar) e transfere-o para o fluido. O fluido apresenta tendência para evaporar mesmo a temperaturas mais baixas, e passa ao estado de vapor, já no estado de vapor o compressor aumenta a sua pressão tendo como consequência o aumento da sua temperatura.

De seguida o condensador permite ao fluido, que passa de vapor a líquido novamente, ceder a temperatura á água quente, para que possa ser utilizada como sistema de climatização e produção de água quente sanitária. Por último, o líquido ainda com temperatura alta, passa por uma válvula de expansão que volta a baixar a sua temperatura para que um novo ciclo se inicie.

A climatização dos edifícios com recurso a bombas de calor pode ser otimizada recorrendo a sistemas emissores que utilizem água a temperaturas mais baixas, aproximadamente 30°C, como é o caso do piso radiante hidráulico e os ventiloconvectores. Contudo a tecnologia das bombas de calor também se mostra compatível com sistemas emissores tradicionais como os radiadores que utilizam água a temperaturas elevadas, cerca de 70°C, sendo menos eficientes.

O funcionamento deste tipo de bomba pode ser visualizado na figura 16.

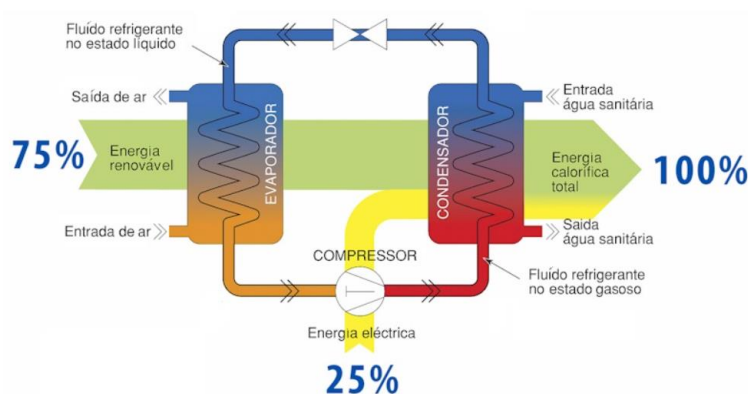


Figura 16-Esquema de funcionamento da bomba aerotérmica ar-água (Fonte: Moreira et al. 2008).

Dentre as principais vantagens da utilização de bombas de calor tem-se o alto nível de eficiência e desempenho, a redução nas emissões de CO<sub>2</sub> e uma poupança económica até 60% comparativamente com outros sistemas técnicos de climatização e preparação de AQS menos eficientes. Por norma uma bomba de calor aerotérmica para cada kW de eletricidade consumida para o seu funcionamento, é capaz de gerar 4 kW de energia térmica.

#### **6.4. Ar condicionado**

O sistema técnico ar condicionado pode ser equiparado a uma bomba de calor que permite o arrefecimento e o aquecimento do ar interior dos edifícios através da absorção do calor em um ambiente e a sua transferência para outro ambiente.

O ar condicionado é composto por três componentes principais, a unidade interior, também denominada de evaporadora, a unidade exterior, denominada de compressor e a tubagem que as liga. A unidade interior contém uma ventoinha que faz circular o ar quente por um permutador de calor, no qual circula um fluido ou um gás refrigerante que é responsável pela absorção do calor. O refrigerante é transportado através da tubagem para a unidade exterior, onde o compressor o comprime aumentando a sua temperatura até ao ponto de ebulição para o calor ser libertado para o ambiente exterior. O líquido refrigerante, já novamente na unidade interior é descomprimido e inicia-se um novo ciclo.

O ar condicionado pode ser instalado em sistemas Monosplit, onde existe uma unidade exterior para cada unidade interior, ou em sistemas Multisplit onde existe apenas uma unidade exterior para várias unidades interiores.

A figura 17 apresenta o funcionamento do ar condicionado.

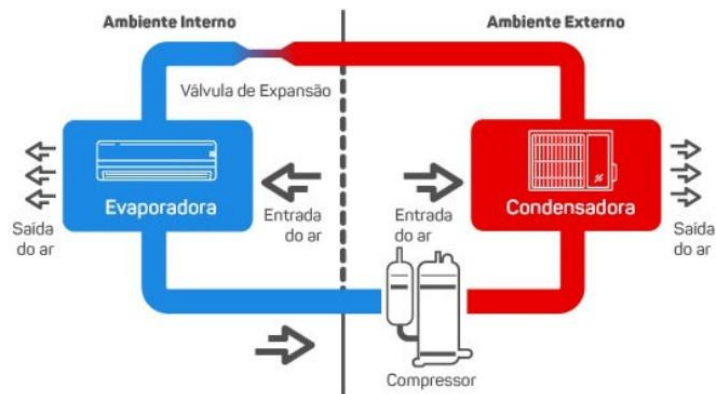


Figura 17- Esquema de funcionamento do ar condicionado.

## 6.5. Equipamentos Não Sustentáveis

### 6.5.1. Caldeiras a Gás

As caldeiras a gás natural eram uma solução bastante comum utilizadas para o aquecimento central e para preparação águas quentes utilizando como fonte de energia o gás natural, no entanto face á crescente importância das alterações climáticas, e como consequência da evolução da legislação ter vindo a penalizar o uso de sistemas que recorram a fontes de energia não renováveis, passou se a privilegiar sistemas mais eficientes e que recorram a fontes de energia renováveis.

O aquecimento ambiente dos edifícios faz-se por meio de rede de água aquecida pela caldeira, constituída por um circuito paralelo e fechado, que distribui o calor até aos emissores finais distribuídos pelos vários compartimentos.

Atualmente já existem caldeiras de condensação que são mais eficazes, uma vez que o calor presente nos fumos de combustão permite reaquecer a água em circulação no seu retorno ao sistema, recuperando deste modo energia para o aquecimento do edifício, que em outra tecnologia menos avançada seria desperdiçada. As caldeiras de condensação apresentam uma eficácia de aproximadamente 109%.

### **6.5.2. Esquentadores**

Os esquentadores são os sistemas de produção de águas quentes mais tradicionais. Utilizam como fonte de energia o gás de garrafa (butano ou propano), o gás natural, a energia elétrica.

O aquecimento da água por parte dos esquentadores ocorre instantaneamente quando existe essa necessidade, não tendo acoplados reservatórios de água.

Tal como nas caldeiras a gás natural, estes sistemas apresentam a desvantagem de terem uma menor eficiência que outros sistemas, como bombas de calor e de utilizarem combustíveis fósseis como fonte de energia.

### **6.5.3. Termoacumulador elétrico**

São equipamentos cilíndricos utilizados para aquecer água até uma determinada temperatura, que pode ser selecionada em modelos equipados com termostato.

Neste equipamento o aquecimento da água ocorre a partir do contacto da água com uma resistência elétrica. De forma contrária aos esquentadores, os termoacumuladores não são um sistema instantâneo de produção de AQS, e pode demorar algumas horas até aquecer a água. Neste sentido, é importante analisar o volume do termoacumulador em relação às necessidades da família.

Dentre as principais vantagens dos termoacumuladores temos a possibilidade de escolha da temperatura da água e o uso de água aquecida em períodos em que a eletricidade é mais barata. No entanto, estes aparelhos gastam mais energia, pois exigem um maior consumo de energia para manter a água quente e a quantidade de água aquecida está limitada à capacidade do reservatório de água.

## **6.6. Sistemas Emissores**

### **6.6.1. Radiadores tradicionais**

São emissores térmicos muito eficientes, que apresentam uma resistência interna construída a partir de um material cerâmico sólido. Neste âmbito, apresentam uma alta condutividade e inércia térmica. Embora tenham como desvantagem o facto de demorar bastante para atingir a temperatura máxima. Nos radiadores, tal como nos restantes sistemas emissores aqui apresentados, a água quente sai do sistema de climatização e entra na rede de tubos chegando aos radiadores, onde existe uma troca de calor, aquecendo deste modo o sistema emissor que emite a energia térmica ao ambiente interior e arrefecendo a água. Os radiadores tradicionais funcionam a circulação de água a alta temperatura, aproximadamente 70°C, pelo que são mais indicados de serem utilizados conjuntamente com sistemas como caldeiras a biomassa e a gás natural. Estes equipamentos apenas permitem o aquecimento dos edifícios.

### **6.6.2. Ventilconvectores**

São equipamentos que funcionam de forma muito similar, em termos de uso, ao típico ar condicionado, mas ao invés de gás refrigerante a climatização ocorre mediante a circulação de água. Deste modo, a água que alimenta estes equipamentos é proveniente do sistema de climatização. Este sistema pode ser ligado a uma bomba de calor ar-água e quando isso é feito, a energia é retirada do ar exterior, através da unidade exterior da bomba de calor, é conduzida para o interior através de tubagens, sendo por sua vez libertada no espaço pelo ventilo-convetor, ou arrefecendo o espaço. É de salientar que tanto os ventilconvectores quanto o piso radiante hidráulico permitem o arrefecimento do espaço, se foram utilizados juntamente com uma bomba de calor reversível. Ao contrário dos radiadores tradicionais, os ventilconvectores funcionam com uma temperatura de água muito baixa (próxima a 35 °C) e distribui o calor através do movimento do ventilador que está dentro do equipamento.

### **6.6.3. Piso radiante hidráulico**

É um sistema complexo de tubagens, por onde circula água, que se encontra distribuído por toda a habitação por baixo do chão. Esta tubagem é embutida no pavimento, o que permite a circulação e a distribuição da água quente pelas várias divisões da habitação. Em função do facto de que a água quente circula dentro da tubagem, é normal que junto ao chão tenhamos temperaturas sempre quentes, e em níveis superiores a temperatura “diminua”. Como o ar quente sobe, ter-se-ão todas as divisões da casa sempre com uma temperatura ambiente uniforme. O piso radiante hidráulico permite realizar o aquecimento e o arrefecimento dos espaços interiores.

Este sistema apresenta a vantagem relativamente aos demais de garantir um conforto térmico da habitação mais uniforme, no entanto o custo de investimento inicial deste sistema apresenta-se como uma desvantagem, além também da necessidade de requisitos de altura mínima de profundidade do chão para serem instalados, pelo que são mais utilizados em novas construções ou em edifícios sujeitos a grandes reabilitações.

### **6.6.4. Piso radiante elétrico**

Este sistema utiliza cabo de aquecimento elétrico, ao invés de tubos como ocorre no piso radiante hidráulico, que é colocado em linhas paralelas de ida e volta (serpentina), devidamente protegido e isolado, fica envolvido na argamassa sob o pavimento, sendo controlado por um termostato de ambiente, que mantém em cada compartimento a temperatura mais conveniente, fornecendo um calor uniforme e suave, quase impercetível, porque, graças à grande superfície em que atua, funciona com baixas temperaturas (até 28°C).

## **7. CASO DE ESTUDO**

### **7.1. Metodologia**

Face à crescente preocupação com as alterações climáticas foram desenvolvidas metas para mitigar as emissões com efeito estufa e aumentar a eficiência energética dos edifícios, que se mostram ter um impacto significativo no ambiente. Neste contexto o objetivo proposto para esta Tese de Mestrado foi o estudo da influência das energias renováveis nos edifícios de habitação. Foi escolhido um edifício de habitação, em fase de projeto, localizado em Vila Real, e foram realizadas diversas simulações com diferentes soluções de sistemas de climatização e preparação de águas quentes sanitárias, bem como com o uso de sistemas solares fotovoltaicos com a finalidade de analisar a influencia dos mesmos no desempenho energético de edifícios de habitação e também a sua viabilidade económica.

Inicialmente foram realizadas entrevistas a fornecedores e instaladores de sistemas de climatização, produção de AQS e sistemas de produção de eletricidade, para autoconsumo, da cidade de Vila Real, com o objetivo de analisar quais as soluções técnicas mais comumente utilizadas na atualidade, quais as soluções de sistemas onde se verificou um aumento da procura por parte dos utilizadores de edifícios de habitação, bem como as vantagens e limitações dos diferentes sistemas técnicos e sistemas emissores.

Seguidamente, com as informações recolhidas nas entrevistas foram definidas diferentes soluções de sistemas técnicos e sistemas emissores e foi analisado o desempenho energético do edifício em estudo, com cada uma das soluções definidas.

Posteriormente foram dimensionados sistemas fotovoltaicos com e sem armazenamento de energia para cada solução já definida anteriormente, com o objetivo de analisar e comparar o desempenho energético dos sistemas solares fotovoltaicos com e sem armazenamento de energia quando associados a diferentes soluções de sistemas técnicos.

Por fim foi realizado o estudo da viabilidade económica de cada solução de sistemas de climatização do ar interior e produção de águas quentes sanitárias. Relativamente aos sistemas fotovoltaicos foram consideradas duas hipóteses, a possibilidade, ou não, de venda do excedente de produção à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

## **7.2. Entrevistas a fornecedores e instaladores locais**

Segundo Haguette (1997:86) uma entrevista consiste num processo de interação social entre duas pessoas, onde uma desempenha o papel de entrevistador e a outra o papel de entrevistado. Realizar entrevistas tem por objetivo obter informações que não conseguiriam ser obtidas somente por pesquisas bibliográficas.

De acordo com Fortin (2009) as técnicas de recolha de dados constituem um conjunto de procedimentos bem definidos destinados a produzir certos resultados na recolha e tratamento da informação requerida pela atividade de pesquisa, constituem uma parte fundamental do processo de investigação.

Neste sentido, no presente trabalho foi realizado um conjunto de entrevistas com o objetivo de analisar os sistemas técnicos de climatização e preparação das águas quentes sanitárias (AQS) mais utilizados na cidade de Vila Real e quais as suas vantagens e desvantagens. As entrevistas foram realizadas a fornecedores e instaladores locais de sistemas de climatização, preparação de AQS e sistemas solares fotovoltaicos.

As entrevistas foram preparadas reunindo um conjunto de questões de resposta fechada, escolha múltipla, nas quais selecionam-se uma ou mais respostas das opções dadas, e também questões de escolha múltipla do tipo dicotômicas, onde as opções de resposta são “sim/não”. Para além das questões de resposta fechada foram também preparadas questões de resposta aberta, principalmente para solicitar as vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas técnicos e sistemas emissores, onde as respostas foram escritas por extenso, possibilitando a obtenção de respostas mais variadas e mais aprofundadas. Para facilitar o decorrer das entrevistas, as perguntas abertas foram guiadas, com pequenas perguntas intermédias.

Para realizar as entrevistas um guião foi elaborado em função das necessidades propostas nos objetivos. Segue abaixo a tabela 3 resumo dos temas abordados e dos objetivos das entrevistas.

Tabela 2-Resumo do guião das entrevistas.

<b>Questão</b>	<b>Temas abordados</b>	<b>Objetivos</b>
<b>De 1 a 4</b>	Sistemas técnicos de climatização, preparação de AQS e sistemas de produção de eletricidade para autoconsumo e sistemas emissores.	Constatar quais os sistemas técnicos de climatização, preparação das AQS e produção de eletricidade para autoconsumo, bem como os sistemas emissores, mais utilizados antes da entrada em vigor da nova legislação térmica em 1 de julho de 2021 e quais os mais solicitados, atualmente, nos edifícios de habitação.
<b>De 5 a 7</b>	Sistema emissor: Piso radiante.	Constatar qual o piso radiante mais utilizado nos edifícios de habitação (hidráulico ou elétrico). Analisar as vantagens e desvantagens do piso radiante. Analisar com quais sistemas técnicos é mais utilizado o piso radiante.
<b>8</b>	Sistema emissor: Ventiloconvectores.	Analisar as vantagens e desvantagens dos ventiloconvectores. Analisar com quais sistemas técnicos são mais utilizados os ventiloconvectores. Verificar a sua eficácia para o arrefecimento do ar interior.
<b>9</b>	Sistema técnico: Bomba de calor.	Constatar qual a fonte de energia mais utilizada no funcionamento das bombas de calor (aerotérmica ou geotérmica). Analisar as vantagens e desvantagens das bombas de calor. Constatar com quais sistemas emissores são mais solicitadas as bombas de calor.
<b>10</b>	Sistema técnico: Ar condicionado.	Analisar a capacidade de aquecimento de edifícios de habitação com recurso ao ar condicionado. Analisar se a eficácia de arrefecimento das habitações com ar condicionado é superior ou inferior ao piso radiante e/ou ventiloconvectores. Constatar se este é um sistema técnico muito solicitado.
<b>11</b>	Sistemas técnicos a biomassa.	Constatar quais os sistemas técnicos que recorram ao uso da energia biomassa são mais solicitados. Analisar quais os principais combustíveis utilizados. Analisar as vantagens e desvantagens dos sistemas técnicos a biomassa. Constatar se o aumento de preços do combustível pellets verificado no ano de 2022 influenciou a escolha destes sistemas técnicos.
<b>12</b>	Sistemas solares térmicos e sistemas solares fotovoltaicos.	Analisar quais dos sistemas solares são mais solicitados. Constatar com quais dos sistemas técnicos são incorporados os sistemas solares. Analisar a viabilidade do recurso a sistemas de armazenamento nos sistemas solares fotovoltaicos.
<b>13</b>	Sistemas eólicos.	Constatar se os sistemas eólicos são de uso corrente nos edifícios de habitação.
<b>14</b>	Programas de financiamento.	Analisar o conhecimento das empresas, de sistemas de climatização, preparação de AQS e produção de energia para autoconsumo, sobre a existência de programas de financiamento e a sua inscrição nos mesmos.

## **7.2.1. Resultados das Entrevistas**

A partir das entrevistas realizadas com os fornecedores e instaladores de equipamentos de climatização e preparação das águas quentes sanitárias (AQS), no Concelho de Vila Real, foram obtidos os seguintes resultados:

### **1) Sistemas técnicos de climatização e preparação das AQS e sistemas emissores – Questões 1 a 4**

Constatou-se que os sistemas emissores e sistemas técnicos de preparação das AQS e climatização do ar interior dos edifícios mais utilizados no decorrer da antiga legislação da térmica (2013-2021), na zona de Vila Real eram a caldeira e esquentador a gás natural e os recuperadores de calor bem como as caldeiras a biomassa, conjuntamente com radiadores tradicionais. Também o piso radiante hidráulico já era uma solução de mercado, mais com uma procura inferior. É importante ressaltar que neste período houve uma grande procura por equipamentos que utilizassem os pellets como combustível, o que se modificou com a duplicação dos preços deste combustível no decorrer no ano de 2022.

Para além destes, verificou-se que o ar condicionado também era solicitado, principalmente para o arrefecimento do ar interior das habitações, sendo o único equipamento responsável pelo arrefecimento das habitações. Os coletores solares térmicos, os painéis solares fotovoltaicos e também as bombas de calor aerotérmicas começavam a ser procurados e utilizados, mas num número inferior aos sistemas já mencionados anteriormente.

Quando se analisa o contexto atual, após a entrada em vigor da nova legislação que regulamenta a térmica em 1 de julho de 2021, observa-se que os sistemas emissores e técnicos de preparação das AQS e climatização do ar interior dos edifícios mais utilizados são as bombas de calor aerotérmicas, conjuntamente com o piso radiante hidráulico e os recuperadores de calor com radiador tradicional. O ar condicionado continua a ser solicitado como solução de arrefecimento, embora haja também uma procura crescente desta solução para o aquecimento, juntamente com o aumento da procura das bombas de calor aerotérmicas houve um aumento da procura dos painéis solares fotovoltaicos.

Além destes, aos sistemas referidos anteriormente, as caldeiras a biomassa continuam a ser solicitadas, porém em menor número do que já foram em tempos anteriores. Entretanto, os clientes, em função da subida do preço do combustível pellets verificado no decorrer no ano de 2022, têm optado pelas caldeiras a lenha em detrimento das caldeiras a pellets, isso ocorre quando existe a possibilidade do uso da lenha, pois esta necessita de espaço para o seu armazenamento e disponibilidade de tempo.

Com relação aos ventiloconvectores, estes são uma solução de mercado que até ao momento ainda não é muito solicitada, embora já seja utilizada.

## **2) Piso Radiante – Questões 5 a 7**

Com relação ao Piso Radiante Hidráulico, uma solução que tem uma procura crescente no mercado atualmente, as principais vantagens referidas pelos entrevistados são:

- É o melhor sistema emissor quando a finalidade é o aquecimento do interior das habitações, não sendo tão eficaz quanto ao arrefecimento dado as correntes de convecção, onde o ar quente sobe e o ar frio desce.
- Tem a capacidade de manter a temperatura uniforme e estável no interior da habitação, já que não existem quebras termostáticas, o que garante o conforto térmico durante os meses mais frios do ano.
- É também referido que as manutenções do piso radiante hidráulico são mínimas, quando este é bem aplicado e que a sua vida útil de serviço é equiparada aos tradicionais sistemas emissores. Por ser um sistema emissor cuja instalação é feita em obra, é necessária uma mão de obra capacitada e um cuidado acrescido para garantir que seja bem aplicado e evitar problemas futuros. No caso de ocorrerem problemas na instalação do piso radiante hidráulico, a sua correção futura, exige o levantamento de todo o revestimento de pavimento.
- Apresenta ainda como vantagem que os custos de manutenção são insignificantes.
- Os entrevistados também relataram que outra grande vantagem do piso radiante é a estética, pois contrariamente aos radiadores tradicionais, e também aos ventiloconvectores, é um sistema emissor que fica oculto no pavimento, também pode ser aplicado nas paredes e tetos embora estas localização não sejam muito

procuradas. Em adição a isso, este piso não necessita de espaço nas paredes do edifício, nem fica visível. Embora o piso radiante hidráulico possa ser instalado conjuntamente com todos os revestimentos de pavimento, este sistema emissor tem um melhor funcionamento com revestimentos cuja condutibilidade térmica é maior, como o caso dos revestimentos cerâmicos.

- O piso radiante hidráulico é uma solução que trabalha com água a temperatura baixa, cerca de 35°C, pelo que se traduz num menor consumo energético que um radiador tradicional que trabalha com água a elevada temperatura, entre 65°C e 70°C.

No que tange às desvantagens do piso radiante hidráulico, os entrevistados disseram que:

- A instalação desta solução de sistema emissor requer uma mão de obra capacitada. Para isso, de forma diferente do que ocorre na instalação tanto de radiadores tradicionais quanto de ventiloconvectores, a instalação do piso radiante é efetuada em obra, pelo que o tempo é superior. Como qualquer construção “in situ” podem ocorrer maiores problemas.

- Aliado a isso, os entrevistados relataram que quando o piso radiante não é bem instalado, ou caso aconteça a sua danificação, podem ocorrer condensações internas e infiltrações o que exige, para a sua reparação, o levantamento de todo o pavimento, o que se traduz em custos elevados.

- As pessoas que participaram do inquérito mencionaram também que este sistema não é muito eficaz para o arrefecimento, o que já havia sido mencionado anteriormente. Contudo, é um sistema que auxilia na diminuição da temperatura em cerca de 2°C.

- A partir da análise do material das entrevistas e das investigações, constatou-se que o custo de investimento é mais elevado que os sistemas emissores tradicionais, com uma média de 35 €/ m<sup>2</sup>.

Constatou-se ainda que o piso radiante mais utilizado é o hidráulico. O piso radiante elétrico, que se constitui uma outra solução existente no mercado, não é utilizado, pois é um sistema que exige um consumo de eletricidade muito elevado, traduzindo-se em custos energéticos muito altos, piores desempenhos energéticos e consequentemente

piores classes energéticas dos edifícios. Desta forma, não é uma solução económica nem eficiente.

Verificou-se que o equipamento técnico utilizado junto ao piso radiante hidráulico é a bomba de calor aerotérmica reversível. Embora, não seja uma solução tão eficiente para o arrefecimento quanto um ar condicionado, constitui-se num sistema capaz de baixar a temperatura interior das habitações em aproximadamente 2°C, principalmente no caso de habitações novas, quando estas são projetadas com um bom isolamento térmico, um bom sombreamento nas estações do verão, e vãos envidraçados e caixilharias eficientes, o que pode ser suficiente para o arrefecimento na maioria do tempo dos meses mais quentes.

Apesar de em grande número o piso radiante hidráulico ser instalado conjuntamente com bomba de calor aerotérmica, permitindo deste modo arrefecer os edifícios, este pode também ser instalado com outros sistemas técnicos de aquecimento central, como as caldeiras a biomassa e as caldeiras a gás natural, sendo importante salientar que com esta última, o piso radiante hidráulico tende a ter um melhor funcionamento do que com as caldeiras a biomassa.

Os ventiloconvectores são uma solução também relativamente recente no mercado, que no entanto não é muito solicitada, comparada com a procura pelo piso radiante hidráulico e ainda os radiadores tradicionais (principalmente como conjunto a caldeiras a biomassa), no entanto é uma solução utilizada, principalmente em algumas obras de reabilitação térmica onde o cliente opta pela instalação de uma bomba de calor aerotérmica mas não quer modificar todo o pavimento da habitação para incluir o piso radiante hidráulico.

### **3) Ventiloconvectores – Questão 8**

Relativamente aos ventiloconvectores, das principais vantagens referidas pelos entrevistados destacam-se:

- É um sistema emissor que trabalha com a água a temperatura baixa, cerca de 35°C, de forma semelhante ao piso radiante hidráulico, o que se reflete num menor consumo energético, e permite aproveitar a eficiência das bombas de calor aerotérmicas.
- Comparativamente ao piso radiante hidráulico, são mais eficientes para o arrefecimento, pois encontram-se a uma altura mais elevada, já proporcionando que

o princípio das correntes de convecção ocorra (o ar quente suba e o ar frio desça). No entanto, ainda se mostram menos eficazes para o arrefecimento que o ar condicionado.

- Relativamente ao aquecimento, os entrevistados relataram que os ventiloconvectores podem ser considerados tão eficazes quanto os radiadores tradicionais. Para além disso, foi referido que este sistema não exige grandes manutenções, o que se traduz num menor custo de manutenção, nem exigem mão de obra capacitada, sendo a sua instalação e colocação em obra similar a um radiador tradicional.
- Foi mencionado ainda que os ventiloconvectores possuem uma vida útil equiparada a outros sistemas emissores.

No que diz respeito aos ventiloconvectores e as suas desvantagens, os entrevistados disseram que:

- Apresentam um custo de investimento superior aos radiadores tradicionais.
- Não são tão eficazes para o aquecimento quanto o piso radiante hidráulico, pois não permitem manter uma uniformidade do calor e uma temperatura constante no interior da habitação.
- Mencionaram ainda que existe sempre um ventilador a funcionar, embora atualmente já seja bastante silencioso, é sempre um ruído que estará presente.
- Comparativamente ao piso radiante no que respeita à estética, os ventiloconvectores já não apresentam esta vantagem, pois já é um sistema emissor que tal como os radiadores tradicionais, ocupa espaço nas paredes da habitação e fica visível.

Conforme dito anteriormente, os ventiloconvectores quando instalados são utilizados, na grande maioria, em conjunto com bomba de calor aerotérmica, podendo também ser utilizados com outros sistemas técnicos como caldeiras a biomassa ou caldeiras a gás natural, sendo que funcionam melhor com este último sistema técnico em detrimento das caldeiras a biomassa.

Não é um sistema emissor procurado pela sua capacidade de arrefecer o ar interior das habitações, quando associado a uma bomba de calor aerotérmica reversível, pois não se

mostra ser tão eficiente quanto o ar condicionado. No entanto, assim como o piso radiante, no caso de habitações novas, se estas forem projetadas com um bom isolamento térmico, um bom sombreamento nas estações do verão, e vãos envidraçados e caixilharias eficientes, pode ser suficiente para o arrefecimento na maioria do tempo dos meses mais quentes.

#### **4) Bombas de calor - Questão 9**

Relativamente às bombas de calor constatou-se que a fonte de energia mais utilizada é a Aerotermia, não sendo a energia geotérmica recorrentemente utilizada nos edifícios de habitação do concelho.

Os entrevistados quando questionados a cerca das bombas de calor geotérmicas, as suas vantagens e limitações referiam apenas o custo de investimento como uma desvantagem, bem como o facto não poderem ser facilmente instaladas em todo o território português, não mostrando um conhecimento aprofundado relativo a este sistema técnico pela falta de uso na região.

Por outro lado, relativamente às bombas de calor ar-água (aerotérmicas) constatou-se que estes sistemas são utilizados tanto para a climatização do ar interior das habitações quanto para a produção de AQS.

Das as principais vantagens relatadas tem-se:

- Tempo de vida útil elevado, custos de manutenção baixos quando comparados com outros sistemas, nomeadamente os sistemas a biomassa, a possibilidade, de quando instalados conjuntamente com sistemas emissores que o permitam (piso radiante hidráulico e ventiloconvectores), realizarem o arrefecimento da habitação, embora não tão eficaz quanto o ar condicionado para este fim.
- As bombas de calor aerotérmicas recorrem a fonte de energia disponível no ar exterior, pelo que podem ser utilizadas interruptamente todo o ano.

São sistemas técnicos que utilizam energia elétrica para o seu funcionamento, pelo que tem se verificado um aumento da instalação de sistemas solares fotovoltaicos conjuntamente com estes sistemas técnicos com a finalidade de suprir parte da energia consumida por eles.

As desvantagens apontadas pelos entrevistados são o custo de instalação inicial, superior aos demais sistemas técnicos tradicionais, como os equipamentos técnicos que recorram a combustíveis fósseis e a energia biomassa, a necessidade de instalação de uma unidade exterior que requer espaço e causa poluição visual à habitação caso fique visível.

As bombas de calor aerotérmicas são utilizadas em reabilitações térmicas, com a finalidade de trocar um equipamento não tão eficaz e/ou que não recorra a fontes de energia limpa, mas também nos novos edifícios de habitação, onde é utilizado como sistema emissor principalmente o piso radiante hidráulico.

Os entrevistados relataram que as bombas de calor podem ser instaladas conjuntamente com radiadores tradicionais, no entanto pelo facto destes últimos funcionarem com uma temperatura da água circulante superior ao piso radiante hidráulico, as vantagens que as bombas de calor apresentam relativas à suas elevadas eficiências são diminuídas e o seu consumo de energia elétrica é superior.

## **5) Biomassa - Questão 11**

Os equipamentos técnicos que utilizam a energia biomassa mais vendidos na atualidade são os recuperadores de calor e as caldeiras, sendo a lenha e os pellets os combustíveis mais recorrentes. Por norma, estes sistemas quando instalados num edifício de habitação ficam responsáveis pelo aquecimento do ar interior e produção de AQS, sendo instalados conjuntamente com um termoacumulador elétrico ou uma bomba de calor de AQS para a produção de águas quentes sanitárias na estação do verão.

Os entrevistados relatam que o sistema emissor mais associado aos sistemas a biomassa são os radiadores tradicionais, pelo facto de estes sistemas técnicos aquecerem a água a temperaturas elevadas próximas das temperaturas de funcionamento dos radiadores tradicionais (70°C), embora também sejam utilizadas com piso radiante hidráulico, pelas vantagens deste já mencionadas anteriormente, mas em menor número.

Das vantagens relatadas pelos fornecedores locais tem-se que:

- Os sistemas a biomassa apresentam um custo de investimento inicial (custo de aquisição do sistema e custo de instalação) a outros sistemas técnicos que utilizam energias renováveis, como as bombas de calor, coletores solares térmicos e os

painéis solares fotovoltaicos. São uma solução existente no mercado já há bastante tempo pelo que a mão de obra está capacitada para a sua instalação.

- As caldeiras a pellets apresentam a vantagem de terem um depósito com capacidade considerável, que pode, por exemplo, ser abastecido apenas uma vez por semana e a caldeira ser programada para manter a habitação quente apenas no horário de permanência humana, o que permite que o utilizador não tenha de abastecer a caldeira diariamente.

Relativamente às desvantagens apontadas:

- São sistemas técnicos que apresentam, ainda, um custo de instalação inicial, mais elevado que os sistemas a combustíveis fósseis, como as caldeiras a gás natural.

- Os custos de manutenção anual são significativamente superiores aos demais equipamentos. Os sistemas a biomassa exigem uma limpeza regular a fim de prolongar sua vida útil e garantir o correto funcionamento.

- Não permitem o arrefecimento tal como acontece com o ar condicionado e as bombas de calor.

- No caso das caldeiras a biomassa, sendo um equipamento de dimensões superiores exige um espaço dedicado à sua instalação.

## **6) Energia solar, energia eólica - Questões de 12 a 13**

No que tange ao uso de energia solar nos edifícios de habitação do concelho, verificou-se que os coletores solares térmicos já foram mais solicitados e utilizados do que são na atualidade, após a entrada em vigor da nova legislação térmica em 1 de julho de 2021, que permite a substituição do sistema solar térmico por outro sistema técnico, como a bomba de calor e os painéis solares fotovoltaicos, desde que a contribuição anual da energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício deste sistema, seja equivalente à contribuição anual da energia proveniente do sistema solar térmico.

Em função da crescente procura por equipamentos que recorram a energia elétrica, como o ar condicionado e a bomba de calor, verificou-se um aumento da procura de sistemas solares fotovoltaicos. No entanto, dado o custo de investimento inicial elevado da

tecnologia fotovoltaica, vários proprietários pedem orçamentos para esses sistemas, mas não os adotam na sua habitação. Ainda no que tange aos sistemas fotovoltaicos, foi relatado pelos entrevistados que a grande maioria são adotados sem recurso a sistemas de armazenamento de energia, dado o seu custo de investimento elevado, não se mostrando ser viáveis economicamente para somente edifícios de habitação.

Por outro lado, os sistemas que recorrem a energia eólica, como já foi apresentado no capítulo 4, ainda não são uma tecnologia utilizada em edifícios de habitação, o que foi confirmado pelos entrevistados.

## **7) Programas de financiamento – Questão 14**

Por último, relativo aos programas de financiamento, as empresas entrevistadas relatam que são procurados por quem deseja alterar o seu equipamento de climatização e preparação das AQS. De acordo com o relatado pelos entrevistados as taxas de candidaturas aceites rondam os 90%. Constatou-se ainda que as respetivas empresas têm conhecimento dos requisitos necessários para estarem inscritas como empresas certificadas pelo Fundo Ambiental, e em grande maioria estão inscritas no respetivo programa.

### **7.3. Caraterísticas do edifício em estudo**

O edifício selecionado para o estudo foi um edifício novo de habitação unifamiliar, em fase de projeto, localizado no concelho de Vila Real, numa zona rural, a uma altitude de 632 m distanciado a mais de 5 km da costa marítima. Ficará localizado na zona climática de inverno I3 e na zona climática de verão V3.

O edifício de habitação será constituído por 1 piso, de tipologia T3, terá sala/cozinha, hall de entrada e hall de distribuição, quartos, escritório, instalações sanitárias e garagem. As fachadas exteriores serão orientadas a Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste.

As plantas e cortes do edifício podem ser vistos nas figuras 22, 23 e 24.

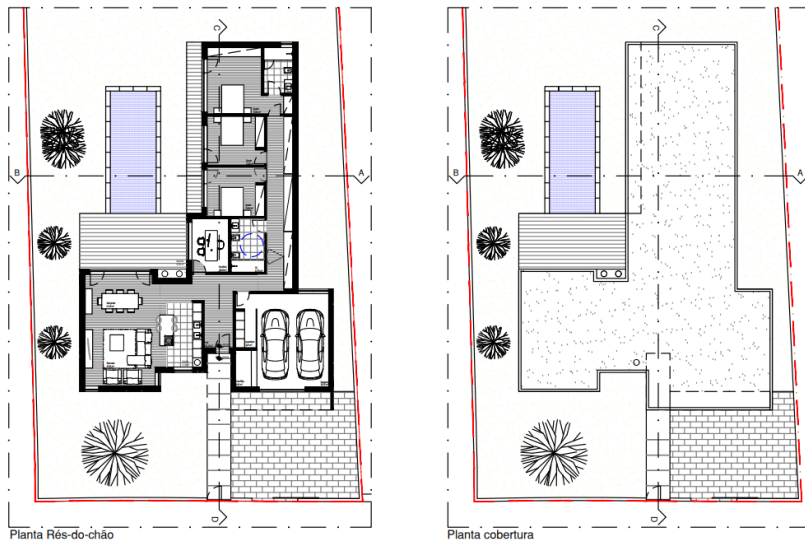


Figura 18- Plantas do edifício em estudo

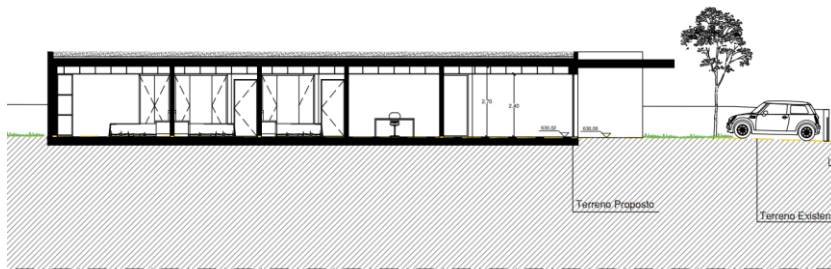


Figura 19- Corte C-D do edifício em estudo.

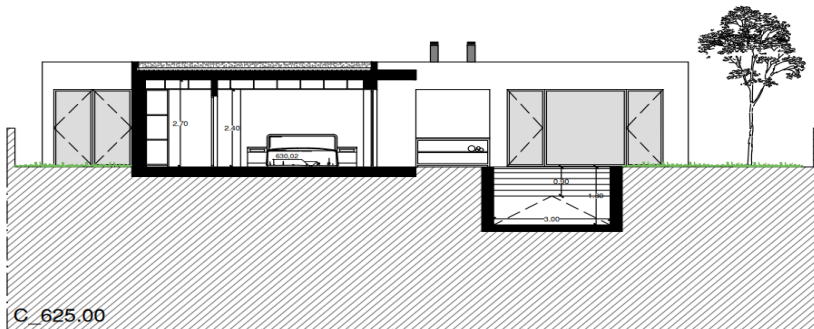


Figura 20- Corte A-B do edifício em estudo.

Os dados referentes ao levantamento dimensional das divisões do edifício considerados como espaços úteis são apresentados na tabela 4.

Tabela 3-Levantamento dimensional das divisões do edifício de habitação.

<b>Divisão</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pé direito (m)</b>	<b>% Área</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Sala/Cozinha</b>	81.99	2.40	45.9	196.78
<b>Escritório</b>	8.41	2.40	4.7	20.18
<b>WC 2</b>	7.82	2.40	4.4	18.77
<b>Quarto 3</b>	12.06	2.40	6.8	28.94
<b>Quarto 2</b>	12.06	2.40	6.8	28.94
<b>Quarto 1</b>	18.02	2.40	10.1	43.25
<b>WC1</b>	5.81	2.40	3.3	13.94
<b>Hall</b>	32.29	2.40	18.1	77.50
<b>Total</b>	178.46	2.40	100	428.30

Para além das divisões apresentadas a habitação contém 1 espaço não útil, a garagem, com uma área de 35.35 m<sup>2</sup>, pé direito de 2.40 m, volume de 84.84 m<sup>3</sup>.

O coeficiente de redução ( $b_{ztu}$ ) considerado para o espaço não útil foi de 1.00, sendo a relação do somatório das áreas dos elementos que separam os espaços interiores úteis do espaço interior não útil ( $A_i$ ) pelo somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior não útil do ambiente exterior ( $A_u$ ) inferior a 0.5, o volume do espaço interior não útil ( $V_{enu}$ ) contido entre 50 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup> e a ventilação considerada como fraca.

Tabela 4: Determinação do  $B_{ztu}$ .

	<b>Garagem</b>
<b><math>A_i</math> (m<sup>2</sup>)</b>	18.24
<b><math>A_u</math> (m<sup>2</sup>)</b>	77.16
<b><math>A_i / A_u</math></b>	0.24
<b><math>V_{enu}</math> (m<sup>3</sup>)</b>	84.84
<b>Ventilação</b>	Fraca (f)
<b><math>b_{ztu}</math></b>	1.00

As soluções construtivas correntes para a envolvente foram definidas de modo que cumprissem os requisitos da portaria n.º 138-I/2021 que estabelece os valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica (U) da envolvente dos edifícios, em função da zona climática em que se situam.

As soluções adotadas para a envolvente da habitação e os respetivos coeficientes de transmissão térmica (U) são apresentadas de seguida:

Parede exterior:

Parede exterior com a espessura de 0,350 m, de cor clara, constituída (do interior para o exterior) por estuque projetado com a espessura de 0,020 m, condutibilidade térmica de 0,560 W/m<sup>2</sup>.°C, tijolo térmico com a espessura de 0,250 m, resistência térmica de 1,070 m<sup>2</sup>.°C/W, poliestireno expandido moldado (EPS) com a espessura de 0,080 m, condutibilidade térmica de 0,037 W/m<sup>2</sup>.°C. U=0.29 [W/(m<sup>2</sup>.°C)]

Parede interior que separa os espaços interiores úteis do espaço interior não útil:

Parede interior com a espessura de 0,340 m constituída (do interior para o espaço não útil) por estuque projetado com a espessura de 0,020 m, condutibilidade térmica de 0,560 W/m<sup>2</sup>.°C, tijolo cerâmico furado normal com a espessura de 0,110 m, resistência térmica de 0,270 W/m<sup>2</sup>, lâ de rocha 35 - 100 kg/m<sup>3</sup> com a espessura de 0,080 m, condutibilidade térmica de 0,040 W/m<sup>2</sup>.°C, tijolo cerâmico furado normal com a espessura de 0,110 m, resistência térmica de 0,270 m<sup>2</sup>.°C/W, estuque projetado com a espessura de 0,020 m, condutibilidade térmica de 0,560 W/m<sup>2</sup>.°C. U=0.35 [W/(m<sup>2</sup>.°C)].

Cobertura exterior:

Cobertura exterior com a espessura de 0,770 m, de cor clara, constituída (do interior para o exterior) por placas de gesso cartonado com a espessura de 0,015 m, condutibilidade térmica de 0,250 W/m<sup>2</sup>.°C, caixa de ar 300 mm com a espessura de 0,285 m, laje aligeirada de blocos cerâmicos com a espessura de 0,250 m, camada de forma com a espessura de 0,060 m, condutibilidade térmica de 1,300 W/m<sup>2</sup>.°C, impermeabilização com a espessura de 0,010 m, condutibilidade térmica de 0,230 W/m<sup>2</sup>.°C, poliestireno expandido extrudido (XPS) com a espessura de 0,100 m, condutibilidade térmica de 0,037 W/m<sup>2</sup>.°C, godo com a espessura de 0,050 m, condutibilidade térmica de 2,000 W/m<sup>2</sup>.°C. U=0.29 [W/(m<sup>2</sup>.°C)]

Pavimento térreo:

Pavimento térreo com a espessura de 0,300 m constituído (do interior para o solo) por madeira densa com a espessura de 0,020 m, condutibilidade térmica de 0,230 W/m<sup>2</sup>.°C, betonilha de regularização com a espessura de 0,040 m, condutibilidade térmica de 1,300

W/m<sup>2</sup>.°C, poliestireno expandido extrudido (XPS) com a espessura de 0,040 m, condutibilidade térmica de 0,037 W/m<sup>2</sup>.°C, betão normal com a espessura de 0,200 m, condutibilidade térmica de 2,000 W/ W/m<sup>2</sup>.°C. U=0.38 [W/(m<sup>2</sup>.°C)]

#### Parede divisória:

Parede divisória (PD1) simples, de 15 cm, composta por: reboco estanhado com 2 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,56 W/m<sup>2</sup>.°C; alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11 cm de espessura e resistência térmica de 0,27 m<sup>2</sup>.°C/W; revestimento interior em reboco estanhado com 2 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,56 W/m<sup>2</sup>.°C.

#### Ponte térmica plana 1:

Ponte térmica plana de pilares com a espessura de 0,350 m, de cor clara, constituída (do interior para o exterior) por estuque projetado com a espessura de 0,020 m, condutibilidade térmica de 0,560 W/m<sup>2</sup>.°C, betão armado com a espessura de 0,250 m, condutibilidade térmica de 2,000 W/m<sup>2</sup>.°C, poliestireno expandido moldado (EPS) com a espessura de 0,080 m, condutibilidade térmica de 0,037 W/m.°C. U=0.40 [W/(m<sup>2</sup>.°C)]

#### Vãos envidraçados:

Os vãos envidraçados serão simples, equipados com vidros duplos (5 + 16 + 6 mm), com coeficiente de transmissão térmica ( $U_g$ ) de 1,80 W/m<sup>2</sup>.°C e um factor solar de 0,42, colocados em caixilharia metálica com corte térmico, de classe 4 de permeabilidade ao ar, com coeficiente de transmissão térmica ( $U_f$ ) de 3,50 W/m<sup>2</sup>.°C. O coeficiente de transmissão térmica global do envidraçado ( $U_{wdn}$ ) será de 2,00 W/m<sup>2</sup>.°C. Os vãos envidraçados irão dispor de dispositivo de proteção solar móvel constituído por estores venezianos, pelo exterior, de cor clara. O fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão é de 0,42. O fator global do vão envidraçado é de 0,09.

Foram ainda identificadas e medidas todas as pontes térmicas lineares de acordo com os valores indicados no Despacho n.º 6476-H/2021. As informações relevantes sobre as pontes térmicas lineares do edifício em estudo são apresentadas na tabela 6.

Tabela 5-Pontes térmicas lineares do edifício em estudo.

<b>Tipo de ligação entre elementos</b>	<b>Comprimento B (m)</b>	<b><math>\Psi</math> (W/m.°C)</b>
Fachada com pavimentos térreos	60.55	0.70
Fachada com cobertura	60.55	0.80
Duas paredes verticais em ângulo saliente	33.60	0.40
Fachada com caixilharia	78.76	0.10

#### **7.4. Definição dos Sistemas Técnicos**

Para o estudo da influência das energias renováveis nos edifícios de habitação foram definidas sete soluções de equipamentos técnicos de climatização do ar interior, e preparação das AQS.

A solução 1 será composta por um termoacumulador elétrico para a preparação das AQS, e ar condicionado multi split para a climatização do ar interior da habitação, aquecimento e arrefecimento. O termoacumulador elétrico selecionado foi o vertical de chão 300 litros da marca Videira com serpentina solar 230V e uma potência de 2kW, o sistema técnico de ar condicionado escolhido foi um multi split 4x1 e um multi split 2x1 da marca Daikin, unidades interiores do modelo Perfera FTX M e unidades exteriores dos modelos 3MXM69N9 e 3MXM69N8, apresenta rendimento para arrefecimento (SEER) de 8.38 e para o aquecimento (SCOP) de 4.68.

A solução 2 será composta por um termoacumulador elétrico para a preparação das AQS, ar condicionado multi split para o aquecimento e arrefecimento do ar interior do edifício e coletor solar térmico para as AQS. Serão utilizados dois coletores solares térmicos da marca THK modelo 25V, perfazendo uma área total de coletores de 4.60 m<sup>2</sup> e rendimento ótico de 0.697. O coletor solar térmico tem uma capacidade de produção total de energia por origem solar de 1828 kWh/ano, superior ao valor mínimo obtido para o coletor solar térmico padrão de 1504 kWh/ano, valores obtidos recorrendo ao software SCE.ER - versão 1.7.0. O termoacumulador elétrico e o sistema de ar condicionado selecionados são os mesmos a utilizar na solução 1.

A solução 3 será composta por uma caldeira a gás natural para a preparação das AQS e aquecimento do ar interior do edifício, o arrefecimento será realizado por ar condicionado multi split já mencionado nas duas soluções anteriores, os sistemas emissores escolhidos

são radiadores tradicionais da marca Global Radiatori modelo VOX 600. A caldeira a gás natural selecionada é da marca Riello modelo Start Condense 30Kis, potência de 30 kW, rendimento igual a 0.93, circulador de alta eficiência  $EEI < 0.20$  e classe 6 inox.

A solução 4 será composta pelos mesmos equipamentos técnicos apresentados na solução 3 e por dois coletores solares térmicos para a preparação das AQS, definidos na solução 2.

A solução 5 será composta por uma caldeira a biomassa, pellets, para o aquecimento do ar interior e AQS, um termoacumulador elétrico como sistema auxiliar para a preparação das AQS na estação de arrefecimento e sistema de ar condicionado multi split para o arrefecimento do ar interior. A caldeira a pellets será da marca Solzaima modelo A com potência de 18 kW e rendimento de 0.90, para os sistemas emissores selecionados radiadores tradicionais da marca Global Radiatori modelo VOX 600. O sistema de ar condicionado e o termoacumulador elétrico já foram apresentados nas soluções anteriores.

A solução 6 será composta por bomba de calor ar-água para o aquecimento e arrefecimento do ar interior da habitação e AQS, o sistema emissor escolhido para realizar a climatização do edifício em estudo foi o piso radiante hidráulico. A bomba de calor ar-água selecionada foi da marca Daikin modelo Altherma 3R ECH20, potência de 8 kW, apresenta rendimento para arrefecimento (SEER) de 5.73 e para o aquecimento (SCOP) de 6.73 e para a produção de águas quentes sanitárias (COP AQS) de 3.38.

A solução 7 será composta pelos mesmos sistemas técnicos mencionados na solução anterior, sendo os sistemas emissores escolhidos os Ventilconvectores da marca Innova modelo AirLeaf.

Na tabela 7 apresenta-se o resumo dos sistemas técnicos e sistemas emissores selecionados para cada solução, e também o custo de investimento de cada equipamento e custo de investimento total de cada solução, salientando que será avaliado o uso de painel solar fotovoltaico para cada solução numa fase posterior. Entende-se por custo de investimento o custo de fornecimento e instalação de cada equipamento. Os valores apresentados para os custos dos sistemas técnicos e sistemas emissores, incluindo a mão de obra para instalação, foram obtidos através da solicitação de orçamentos a fornecedores locais do concelho de Vila Real.

Tabela 6- Sistemas técnicos, sistemas emissores e custos de investimento de cada solução a aplicar no edifício em estudo.

Solução	Função	Equipamento	Eficiência	Custo de investimento	Custo de investimento total
Solução 1-	AQS	Termoacumulador elétrico	0.9	2 305.00 €	10 185.00 €
	Aquecimento	Ar condicionado	SCOP:4.68	7 880.00 €	
	Arrefecimento	Ar condicionado	SEER: 8.38	7 880.00 €	
	Sistema emissor	-	-	-	
Solução 2-	AQS	Termoacumulador elétrico	0.9	2 305.00 €	12 945.00 €
	Aquecimento	Ar condicionado	SCOP:4.68	7 880.00 €	
	Arrefecimento	Ar condicionado	SEER: 8.38	7 880.00 €	
	Energia renovável térmica	Coletor solar térmico	1	2 760.00 €	
	Sistema emissor	-	-	-	
Solução 3-	AQS	Caldeira a gás natural	0.93	1 615.59 €	13 605.59 €
	Aquecimento	Caldeira a gás natural	0.93	1 615.59 €	
	Arrefecimento	Ar condicionado	SEER: 8.38	7 880.00 €	
	Sistema emissor	Radiador Tradicional	-	4 110.00 €	
Solução 4-	AQS	Caldeira a gás natural	0.93	1 615.59 €	16 365.59 €
	Aquecimento	Caldeira a gás natural	0.93	1 615.59 €	
	Arrefecimento	Ar condicionado	SEER: 8.38	7 880.00 €	
	Energia renovável térmica	Coletor solar térmico	1	2 760.00 €	
	Sistema emissor	Radiador Tradicional	-	4 110.00 €	
Solução 5-	AQS	Caldeira a Biomassa +	0.9	6 985.00 €	18 975.00 €
		Termoacumulador elétrico	0.9		
	Aquecimento	Caldeira a Biomassa	0.9	4 680.00 €	
	Arrefecimento	Ar condicionado	SEER: 8.38	7 880.00 €	
	Sistema emissor	Radiador Tradicional	-	4 110.00 €	
Solução 6-	AQS	Bomba de calor Ar-Água	COP AQS: 3.38	9 420.00 €	16 464.00 €
	Aquecimento	Bomba de calor Ar-Água	SCOP:6.73	9 420.00 €	
	Arrefecimento	Bomba de calor Ar-Água	SEER: 5.73	9 420.00 €	
	Sistema emissor	Piso Radiante hidráulico	-	7 044.00 €	
Solução 7-	AQS	Bomba de calor Ar-Água	COP AQS: 3.38	9 420.00 €	17 424.00 €
	Aquecimento	Bomba de calor Ar-Água	SCOP:6.73	9 420.00 €	
	Arrefecimento	Bomba de calor Ar-Água	SEER: 5.73	9 420.00 €	
	Sistema emissor	Ventiloconvectores	-	8 004.00 €	

## 7.5. Cálculo das Necessidades Energéticas do edifício em estudo

Depois de definidas as diferentes soluções de equipamentos técnicos, recorrendo à folha do ITECONS Versão V1.06 de 7 de setembro de 2021 efetuou-se uma simulação correspondente a cada solução acima apresentada com a finalidade de encontrar os valores das necessidades nominais de energia primária para o aquecimento, arrefecimento e para a preparação das AQS.

Na tabela 8 apresenta-se as necessidades nominais de energia útil, energia primária e energia final para climatização e preparação das águas quentes sanitárias de cada solução.

A área útil do edifício de habitação em estudo é 178.46 m<sup>2</sup>.

Tabela 7-Necessidades nominais de Energia Primária, Energia Útil e Energia Final das diferentes soluções.

Solução	Necessidades nominais de Energia Útil (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			Necessidades nominais de Energia Primária (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)			Necessidades nominais de Energia Final (kWh/ ano)		
	Nic	Nvc	AQ/Ap	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
Solução 1	58.94	58.94	58.94	31.49	3.58	37	2247.88	255.55	2641.21
Solução 2	58.94	58.94	58.94	31.49	3.58	18.79	2247.88	255.55	610.32
Solução 3	58.94	58.94	58.94	63.38	3.58	14.32	11310.79	255.55	2555.55
Solução 4	58.94	58.94	58.94	63.38	3.58	13.55	11310.79	255.55	2418.13
Solução 5	58.94	58.94	58.94	65.42	3.58	22.19	11674.85	255.55	2639.00
Solução 6	58.94	58.94	58.94	21.9	5.24	9.85	1563.31	374.05	703.13
Solução 7	58.94	58.94	58.94	21.9	5.24	9.85	1563.31	374.05	703.13

Sendo:

*Nic* → Necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento. (kWh/. ano)

*Nvc* → Necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento. (kWh/. ano)

*AQ/Ap* → Necessidades nominais anuais de energia útil para a produção de AQS. (kWh/. ano)

Consultou-se o Despacho n.º 6476-E/2021, onde se constatou que os edifícios de habitação novos para serem considerados como edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEB) devem respeitar determinados requisitos de conforto térmico e de desempenho energético, nomeadamente possuir uma classe energética igual ou superior a A, a relação entre as necessidades nominais anuais globais de energia primária do edifício e o respetivo valor de referencia ( $R_{NT}$ ) inferior ou igual a 0,50 e Indicador de Energia primária renovável ( $Ren_{Hab}$ ) superior a 0,50.

Na tabela 9 serão apresentadas as informações relativas ao desempenho energético de cada solução.

Tabela 8-Desempenho energético das soluções apresentadas.

Solução	Classe Energética	R <sub>NT</sub>	Ren <sub>Hab</sub>
Solução 1	B	0.69	1.53
Solução 2	A	0.42	3.57
Solução 3	B	0.71	0.74
Solução 4	B	0.61	1.54
Solução 5	A+	0.13	3.87
Solução 6	A	0.41	3.61
Solução 7	A	0.41	3.61

Como é possível verificar na tabela acima todas as soluções cumprem o requisito do Indicador de Energia primária renovável (Ren<sub>Hab</sub>) superior a 0,50, no entanto as soluções 1, 3 e 4 não cumprem os requisitos mínimos quanto á classe energética, consequentemente com as respectivas soluções o edifício em estudo não pode ser classificado como edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB), não cumprindo os requisitos estabelecidos no Despacho n.º 6476-E/2021.

Apesar das restantes soluções não necessitarem de sistema fotovoltaico para cumprirem os requisitos mínimos exigidos, pela legislação, aos edifícios de habitação novos, este foi dimensionado para cada uma das soluções em função das necessidades nominais anuais de energia final elétrica, com o objetivo de analisar as melhorias do desempenho energético com a incorporação de sistemas fotovoltaicos. O objetivo do dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos para as soluções de sistemas técnicos que não cumprem os requisitos mínimos exigidos pela legislação aos edifícios novos de habitação (soluções 1,3 e 4) é analisar se a incorporação de sistemas de produção de energia para autoconsumo permite que as respectivas soluções de sistemas técnicos melhorem o seu desempenho energético e consequentemente atinjam os requisitos mínimos exigidos. É importante ressaltar que o consumo energético do edifício não é constante ao longo do dia, este tende a ser superior nas horas de permanência humana, devido as maiores necessidades de climatização, águas quentes sanitárias e utilização de eletrodomésticos e equipamentos elétricos e menor nas horas que o edifício se encontra vazio. Tendencialmente os períodos de pico de consumo energético serão no período da manhã, entre as 7h e as 9h, no período de meio-dia e no período do fim da tarde/noite, entre as 18 e 22 horas. Por este motivo

nem toda energia gerada a partir dos sistemas fotovoltaicos é autoconsumida, quando não existe um sistema de armazenamento.

De acordo com pesquisas realizadas foi possível constatar que, em Portugal, as potências contratadas mais comuns são de 3.45 kVA e 6.9 kVA, sendo a primeira mais apropriada para pequenas moradias (T1/T2) com um agregado familiar até 2 pessoas, e a segunda para moradias até T3/T4/T5 com uma família entre 4 a 5 pessoas.

## 7.6. Análise económica

A análise económica de um projeto de investimento consiste da avaliação da sua viabilidade económica ou não viabilidade.

A análise económica das diferentes soluções foi realizada com recurso a critérios de viabilidade económica como Valor Líquido Atual (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Payback, e por fim o Período de Retorno.

O Valor Líquido Atual (VAL) corresponde á diferença dos valores atualizados, de todas as despesas e receitas de um determinado projeto, para um determinado momento, ao longo da vida útil do projeto. O VAL compara o valor presente do investimento do projeto, com o valor presente das receitas obtidas através desse mesmo projeto (Trigueiros, 2022).

Equação 6

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Sendo:

*CF<sub>t</sub>*: Fluxo de caixa gerado pelo projeto no período *t*;

*i*: Taxa de atualização.

De acordo com a definição do valor líquido atual (VAL) considera-se um projeto economicamente viável sempre que o VAL >0, pois as receitas geradas pelo projeto são superiores aos custos exigidos pelo mesmo. Caso VAL=0, o projeto não pode ser considerado economicamente viável, pois as receitas geradas pelo projeto igualam aos seus custos. Quando o VAL <0, o projeto considera-se economicamente inviável, pois as receitas geradas pelo projeto são inferiores aos seus custos. É importante ressaltar que a taxa de atualização dos preços utilizada para o cálculo do VAL já incorpora o “lucro” que

o promotor pretende alcançar com o investimento, se este “lucro” for elevado o valor atual líquido (VAL) pode ser zero ou mesmo negativo e ainda assim o investimento ser economicamente viável.

A Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) é calculada a partir da fórmula do VAL, igualando esta a zero e resolvendo a equação em função da taxa de atualização. Se o valor de TIR for superior á taxa de atualização considera-se um projeto economicamente viável, caso este valor seja inferior á taxa de atualização considera-se um projeto economicamente inviável. Quanto mais elevado for o TIR aparentemente mais viável economicamente é o projeto.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t}$$

O Payback é considerado o período retorno do valor investido no projeto, é calculado determinando o período para o qual o valor das receitas futuras atualizadas, para um momento comum, supera os custos de investimento, inicial e de manutenção.

Foi considerada uma taxa de inflação para aumento do custo da eletricidade de 2% ao ano, de acordo com valores médios pesquisados, e uma taxa de atualização dos preços de 7% ao ano. Além disso, apesar dos sistemas fotovoltaicos necessitarem de manutenção quase nula foi ainda considerado um custo de manutenção anual do sistema solar fotovoltaico equivalente a 0.5% do investimento inicial nos primeiros 10 anos, e 1% nos anos seguintes, e como já referido, uma taxa de degradação dos painéis solares fotovoltaicos de 0.5% ao ano, o que se traduzirá numa redução da produção de energia.

Indo de acordo com o referido por Reis P.(2015) no Portal Energias, o tempo de vida útil dos módulos fotovoltaicos é de 25 a 30 anos, garantindo que ao fim deste tempo ainda mentem cerca de 80% da sua eficiência. Segundo pesquisas realizadas, o tempo de vida útil de um inversor pode variar entre 10 a 25 anos, dependendo das condições ambientais a que este está sujeito, já para as baterias de iões de lítio, o tempo de vida útil pode variar entre 10 a 20 anos, sendo que a garantia dada pelo fornecedor das baterias selecionadas nas simulações realizadas é de 10 anos.

Com base nestes dados, será analisada a viabilidade económica de cada projeto para um período de 20 anos, de forma a garantir, que com funcionamento comum, todos os

equipamentos se mantêm operacionais, e visto ser uma habitação unifamiliar o período de retorno tende a ser mais elevado.

Segundo a EDP, o custo, para a potência contratada de 6.9kVA com uma tarifa simples de energia elétrica, é de 0.1516 €/kWh. Ainda segundo a mesma fonte, o custo, para o 1º escalão, do gás natural é de 0.1631 €/kWh. Para a biomassa em pallets foi considerado a 7.49€/saco, tendo em consideração que cada saco tem 15 Kg e o rendimento de combustão é de 90%, o custo é de 0.11 €/kWh.

De acordo com pesquisas realizadas, a empresa que oferece melhor preço da venda do excedente da produção fotovoltaica é a Ezuenergia, com um valor de 0.07 € por kWh produzido em excesso.

Foram ainda determinados os valores anuais da fatura energética da eletricidade das diferentes soluções de sistemas técnicos com e sem incorporação da tecnologia fotovoltaica, conseqüente redução anual da fatura de eletricidade e remuneração anual da venda do excedente de produção fotovoltaico.

### **7.6.1. Análise económica das soluções sem a incorporação do sistema solar fotovoltaico**

Numa primeira etapa foi realizada a análise económica das diversas soluções definidas sem a incorporação do sistema solar fotovoltaico, para isso as soluções foram comparadas duas a duas, tendo sido definida a solução de base, que serviu de comparação para as restantes, a solução 3, pois é aquela que apresenta uma menor percentagem de utilização da energia renovável e um pior desempenho energético. De modo a manter a uniformidade de dados, uma vez que foi definido estudar a viabilidade económica dos sistemas solares fotovoltaicos para um período de 20 anos, o período de análise das diversas soluções mantém-se o mesmo.

A análise das soluções foi feita levando em conta os custos de investimento inicial, os custos de manutenção anual, valores médios obtidos através de pesquisas realizadas e os custos das faturas energéticas anuais. Como exemplo explicativo do processo, a redução do custo de investimento foi calculada subtraindo o custo de investimento da solução em comparação com o custo de investimento da solução 3, se o valor obtido fosse positivo então o custo de investimento da solução em comparação era inferior ao da solução 3 e entraria nos cálculos da análise económica como uma receita, caso este valor fosse

negativo o custo de investimento era superior ao da solução 3 e entraria na análise económica como um custo. O mesmo raciocínio de cálculo foi aplicado aos custos de manutenção anual e fatura energética anual.

Os custos de manutenção anual dos sistemas foram considerados de acordo com os valores fornecidos pelo CYPE Ingenieros, S.A, para sistemas técnicos e de climatização semelhantes aos seleccionados (CYPE,2023).

Tabela 9- Resumo dos custos de investimento, fatura energética anual e custos de manutenção anuais de cada solução.

	<b>Custo investimento Inicial €</b>	<b>Redução custo de investimento €</b>	<b>Fatura energética €/ano</b>	<b>Redução fatura energética €/ano</b>	<b>Custos de manutenção €/ano</b>	<b>Redução custos manutenção €/ano</b>
<b>Solução 3</b>	13 605.59 €	-	3 396.52 €	-	598.20 €	-
<b>Solução 1</b>	10 185.00 €	3 420.59 €	784.87 €	2 611.66 €	528.71 €	69.49 €
<b>Solução 2</b>	12 945.00 €	660.59 €	476.99 €	2 919.54 €	825.55 €	- 227.35 €
<b>Solução 4</b>	16 365.59 €	-2 760.00 €	2 929.25 €	467.27 €	895.03 €	-296.83 €
<b>Solução 5</b>	18 975.00 €	- 5 369.41 €	2 039.33 €	1 357.19 €	889.86 €	-291.66 €
<b>Solução 6</b>	16 464.00 €	-2 858.41 €	403.73 €	2 992.79 €	669.92 €	-71.72 €
<b>Solução 7</b>	17 424.00 €	-3 818.41 €	403.73 €	2 992.79 €	669.92 €	-71.72 €

### Comparação das soluções com a solução 3:

Tabela 10- Resultados da análise económica das soluções de sistemas técnicos em comparação com a solução 3.

	<b>Comparação com a solução 3</b>					
	<b>Solução 1</b>	<b>Solução 2</b>	<b>Solução 4</b>	<b>Solução 5</b>	<b>Solução 6</b>	<b>Solução 7</b>
<b>VAL (€)</b>	36 976.03 €	34 940.28 €	- 32.72 €	8 595.86 €	33 990.55 €	33 030.55 €
<b>TIR %</b>	-	-	7%	22%	106%	80%
<b>PAYBACK (anos)</b>	0 anos	0 anos	>20	5.82	1.03	1.39

## 7.7. Dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico

O Despacho n. °10346/2018, de 22 de outubro, estabelece que a energia produzida por sistemas solares fotovoltaicos no âmbito do SCE deve ser calculada com recurso ao software SCE.ER. A legislação concede a possibilidade de utilização de softwares alternativos ao SCE.ER, nomeadamente o SOLTERM 5.3 e o POLYSUN 11.1. De acordo com o disposto no site oficial da Direção Geral de Energia e Geologia, o software SOLTERM 5.3 foi considerado como não alternativo ao SCE.ER, e o POLYSUN 11.1 encontra-se em avaliação.

O dimensionamento dos sistemas solares fotovoltaicos foi realizado recorrendo ao software PVsyst. O respetivo software foi escolhido por ser bastante completo e já ter incorporado bases de dados referentes a dados climáticos e de localização, além das bases de dados extensas relativas aos componentes dos sistemas solares fotovoltaicos, como módulos fotovoltaicos, inversores e baterias. De acordo com o site oficial PVsyst, o software foi desenvolvido para ser utilizado por pesquisadores, arquitetos e engenheiros, sendo que este foi projetado para ser de fácil utilização, educativo e muito útil, oferecendo um menu de ajuda contextual detalhado que possa servir de guia para o desenvolvimento dos mais variados projetos. O respetivo software está disponível como uma versão teste gratuita que pode ser utilizada durante 30 dias no site oficial.

O PVsyst permite fazer o pré dimensionamento e dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos acoplados à rede com e sem armazenamento de energia. De seguida apresenta-se o procedimento para realizar o pré dimensionamento recorrendo ao PVsyst:

- Definição da localização, meteorologia e horizonte de sombreamento do projeto a elaborar.
- Definição do sistema, onde é escolhida a orientação do plano dos módulos fotovoltaicos de forma a garantir a sua otimização.
- Especificação do grupo de fotovoltaicos, neste ponto pode ser realizado um pré dimensionamento de acordo com a área de superfície ativa dos FV, em m<sup>2</sup>, a potência total de pico, em quilowatt pico (kWp), ou o rendimento anual do sistema, em kWh/ano.
- Definição do tipo de modulo fotovoltaico, a tecnologia das células fotovoltaicas, local onde será instalado o sistema (telhado plano, fachada, telhado inclinado ou

no solo) e as propriedades de ventilação (circulação livre de ar, integrado parcialmente ou completamente isolado).

Nos resultados do pré dimensionamento do sistema fotovoltaico são apresentados dados como a área total de FV, em m<sup>2</sup>, a potência nominal, em kW, e caso sejam introduzidas informações relativas ao custo dos módulos, em €/watt pico (Wp) será ainda apresentada uma análise do custo de investimento da solução.

O procedimento para o dimensionamento dos sistemas solares fotovoltaicos foi também detalhado de seguida. É de notar que o software não permite o dimensionamento de sistemas isolados, no entanto foi dimensionado como sistema acoplado á rede sem injeção da energia excedente de produção na RESP.

Num primeiro momento foi necessário definir os parâmetros geográficos do edifício, para isso foram inseridas as coordenadas geográficas da habitação, o software gera automaticamente dados fundamentais para a determinação da geração de energia dos módulos como irradiação solar e irradiação difusa, temperatura ambiente e velocidade do vento. A base de dados da radiação solar utilizada foi Meteonorm 8.1 e os dados são referentes aos anos 1996 a 2015.

Posto isto, foi necessário definir os parâmetros principais, como a orientação dos módulos fotovoltaicos, definição do sistema do tipo de fotovoltaico, o inversor, definição das perdas detalhadas, informações relativas ao autoconsumo do edifício e também definição do sistema de armazenamento.

Começou-se pela definição da orientação dos módulos fotovoltaicos. Foi considerado um plano inclinado fixo, o ângulo de inclinação do plano foi otimizado em relação á irradiação anual, sendo a inclinação ótima definida pelo PVsyst igual a 30° e a orientação 0° voltado para o sul. A orientação do módulo é fundamental para o dimensionamento do sistema, visto que sua posição em relação ao Sol determina a energia luminosa que incidirá sobre eles, neste caso de estudo a energia luminosa incidente anual sobre os painéis fotovoltaicos foi de 1951 kWh/m<sup>2</sup>.

Numa segunda fase foi definido o sistema solar fotovoltaico, iniciando com a determinação dos módulos fotovoltaicos. José, F. 2020 relata o ranking das marcas dos painéis fotovoltaicos mais vendidos no mundo, nomeadamente Jinko Solar, Trina Solar, Canadian Solar, Ja Solar. Para a escolha do inversor a incorporar no sistema fotovoltaico

foram pesquisadas quais as marcas mais facilmente encontradas no mercado português e foi levado em conta a sua relação eficiência/ preço. Algumas das marcas de fácil acesso Goodwe, Huawei, Kostal, Solax, Sungrow.

Após a determinação do sistema, foram definidos os parâmetros das perdas detalhadas, entre as quais, perdas por envelhecimento, por indisponibilidade do sistema, fator de perdas térmicas do campo, perdas óticas, perdas devidas à sujidade e perdas relativas à qualidade dos módulos. De acordo com Alexia Cooper 2020, é necessário calcular as perdas por envelhecimento, ou degradação dos módulos solares fotovoltaicos ao longo do seu tempo de vida útil. A BELL Solar & Electric Systems, baseada em estudos realizados pelo Laboratório Nacional de Energias Renováveis dos EUA, estabelece um valor compreendido entre 0.5 % a 0.8% ao ano para perdas por envelhecimento.

Deste modo, na definição das perdas detalhadas do sistema apenas foram modificadas as perdas por envelhecimento, com um fator de deterioração médio anual de 0.5%, e as perdas térmicas, onde foi considerado que a montagem do sistema é semi-integrado com condução de ar. Em todos os restantes parâmetros das perdas foram mantidos os valores por defeito do PVsyst, valores estes considerados como valores muito próximos do ótimo.

Foram ainda definidas as exigências energéticas do consumidor, podendo ser definidas em consumo constante fixo, consumos mensais e consumos diários. Optou-se por definir as exigências energéticas do edifício em consumos mensais, para isso foi calculado o consumo mensal de energia elétrica do edifício para cada solução.

De acordo com um estudo realizado pela lojaluz, o consumo médio de energia mensal elétrica divide-se entre iluminação, climatização, águas quentes sanitárias, eletrodomésticos e equipamentos eletrónicos. Para o cálculo da energia que é consumida pelas cargas foi realizada uma listagem dos equipamentos elétricos e eletrodomésticos mais usuais nas habitações e identificada a potência nominal de cada, bem como o número de horas mensal que o equipamento irá estar em funcionamento (LOJALUZ).

Na tabela 10 apresenta-se os consumos mensais médios de energia elétrica dos diferentes eletrodomésticos, iluminação e equipamentos eletrónicos que serão considerados no cálculo final nas necessidades de energia elétrica do edifício.

Tabela 11- Equipamentos elétricos e eletrodomésticos, potência e tempo de uso mensal (Fonte: Lojaluz).

<b>Equipamentos Elétricos</b>	<b>Potência Elétrica kW</b>	<b>Tempo de uso mensal horas/mês</b>	<b>Consumo medio mensal kWh/mês</b>
<b>Placa Elétrica</b>	1.35	30.00	40.50
<b>Máquina do Café</b>	1.20	15.00	18.00
<b>Frigorifico</b>	0.15	240.00	36.00
<b>Máquina de lavar a louça</b>	1.125	16.00	18.00
<b>Forno Elétrico</b>	1.125	12.00	13.50
<b>Ferro de Engomar</b>	1.60	10.00	16.00
<b>Máquina de lavar a roupa</b>	1.50	12.00	18.00
<b>Exaustor</b>	0.14	30.00	4.20
<b>Micro-ondas</b>	0.75	4.00	3.00
<b>Aspirador</b>	1.60	12.00	19.20
<b>Iluminação</b>	0.225	300.00	67.50
<b>Televisão</b>	0.120	120.00	14.40
<b>Computador</b>	0.30	90.00	27.00
<b>Secador de cabelo</b>	1.50	30.00	45.00
		<b>Total kWh/mês</b>	340.30

De seguida foi considerado as necessidades mensais de energia final elétrica para a climatização e preparação das águas quentes sanitárias e somado o consumo médio mensal dos equipamentos eletrónicos, eletrodomésticos e iluminação.

O cálculo das necessidades mensais de energia final elétrica foi efetuado tendo em conta a zona climática em questão, onde a estação de inverno corresponde a 6.9 meses, considerou-se 7 meses (janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro), e a estação de verão corresponde a 4 meses (junho, julho, agosto e setembro). Deste modo as necessidades energéticas elétricas anuais para o aquecimento foram divididas pelos 7 meses correspondentes ao inverno, as necessidades energéticas elétricas anuais para o arrefecimento foram divididas pelos 4 meses correspondentes ao verão e as necessidades energéticas elétricas anuais para a preparação das AQS foram distribuídas pelo ano todo.

Os valores das necessidades de energia final elétrica mensal apresentam-se na tabela 11.

Tabela 12- Necessidades de energia final elétrica mensal.

	<b>Necessidades de energia final elétrica mensais (kWh/mês)</b>						
	<b>Solução 1</b>	<b>Solução 2</b>	<b>Solução 3</b>	<b>Solução 4</b>	<b>Solução 5</b>	<b>Solução 6</b>	<b>Solução 7</b>
<b>Janeiro</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Fevereiro</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Março</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Abril</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Mai</b>	560.40	391.16	340.30	340.30	514.63	398.89	398.89
<b>Junho</b>	624.29	455.05	404.19	404.19	578.52	492.41	492.41
<b>Julho</b>	624.29	455.05	404.19	404.19	578.52	492.41	492.41
<b>Agosto</b>	624.29	455.05	404.19	404.19	578.52	492.41	492.41
<b>Setembro</b>	624.29	455.05	404.19	404.19	578.52	492.41	492.41
<b>Outubro</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Novembro</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Dezembro</b>	886.14	716.90	340.30	340.30	340.30	625.46	625.46
<b>Total</b>							
<b>kWh/ano</b>	9260.58	7229.69	4339.15	4339.15	5210.82	6746.75	6746.75

Por fim seria a determinação dos parâmetros de sombreamento distante, isto é sombreamento em comprimentos maiores que vinte vezes o tamanho dos módulos fotovoltaicos e o sombreamento devido a obstáculos próximos, no entanto, para o presente caso de estudo foi considerada uma situação ideal, onde não existe sombreamento dos módulos (Leão, 2019).

Para simulações de sistemas solares fotovoltaicos com armazenamento de energia pode ainda ser definida a bateria a integrar no sistema.

Definidos todos os parâmetros já mencionados, o software está pronto para realizar a simulação do sistema solar fotovoltaico e apresentar o relatório de simulação do sistema solar fotovoltaico.

## **7.8. Análise de Resultados do Dimensionamento das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica**

No presente estudo foram dimensionados dois sistemas solares fotovoltaicos para cada uma das soluções de sistemas técnicos. Para cada sistema fotovoltaico dimensionado foram analisadas duas situações distintas apresentadas de seguida:

- Sistema solar fotovoltaico sem armazenamento de energia:
  1. Sistema isolado sem venda do excedente de produção.
  2. Sistema conectado á rede com injeção e venda o excedente de produção.
- Sistema solar fotovoltaico com armazenamento de energia:
  1. Sistema isolado sem venda do excedente de produção.
  2. Sistema conectado á rede com injeção e venda o excedente de produção.

O sistema solar fotovoltaico sem armazenamento de energia foi dimensionado de modo mobilizar o máximo da energia produzida para o autoconsumo do edifício e deste modo minimizar o excedente energético. Já o sistema fotovoltaico com armazenamento de energia foi dimensionado de modo a garantir que a energia autoconsumida pelo edifício fosse o mais próxima possível das suas necessidades energéticas, sem obter excedentes muito elevados. No sistema sem venda do excedente de produção quando a produção de energia foi superior às necessidades de energia elétrica do edifício, o autoconsumo energético era igual as necessidades de energia elétrica e o restante da produção era considerado como energia excedente que seria perdida. Por sua vez, no sistema com venda do excedente de produção, quando a produção fotovoltaica foi superior as necessidades elétricas do edifício, o autoconsumo igualava as necessidades de energia elétrica, e o excedente energético era vendido á rede. Para tal, é exigido, além do sistema fotovoltaico, a instalação de um contador bidirecional, que mede o consumo energético da habitação adquirida da rede e também a injetada na rede pelo sistema fotovoltaico a cada 15 minutos.

É importante ressaltar que os sistemas solares fotovoltaicos sem armazenamento de energia foram dimensionados com um menor numero de módulos fotovoltaicos que os sistemas solares fotovoltaicos com armazenamento de energia, isto porque nos sistemas fotovoltaicos sem armazenamento de energia existe uma percentagem significativa da produção fotovoltaica que é considerada como excedente de produção fotovoltaica, ou seja, não consegue ser autoconsumida pelo edifício devido ao facto de o período de maior

produção de energia fotovoltaica estar desfasado do período de maior consumo energético do edifício. Por este motivo, o aumento do número de módulos fotovoltaicos origina um aumento significativo do excedente de produção fotovoltaica, enquanto o aumento da energia autoconsumida pelo edifício é mínima. Por outro lado, nos sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia, a produção fotovoltaica é mobilizada na sua maioria para o autoconsumo do edifício, sendo o excedente de produção fotovoltaico uma percentagem mínima, podendo o número de módulos fotovoltaicos ser superior aos sistemas sem armazenamento de energia, sem se obter excedentes de produção fotovoltaica muito elevados.

No dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia foram selecionados inversores híbridos da marca Huawei e baterias de íões de lítio da marca LG Chem pela sua compatibilidade e facilidade de serem encontrados no mercado.

## Solução 1 (Termoacumulador + Ar condicionado):

### Sistema sem armazenamento de energia

Para a solução 1 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 9260.58 kWh/ano. O sistema solar dimensionado é composto por 7 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor GOODWE GW3000-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 5150 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 3.15 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 15.2 m<sup>2</sup>.

Tabela 13-Resultados do dimensionamento para a solução 1 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	886.144	273.000	204.000	69.000	682.144
<b>Fevereiro</b>	886.144	331.000	258.000	73.000	628.144
<b>Março</b>	886.144	449.000	312.000	137.000	574.144
<b>Abril</b>	886.144	472.000	332.000	140.000	554.144
<b>Mai</b>	560.401	537.000	251.000	286.000	309.401
<b>Junho</b>	624.293	548.000	281.000	267.000	343.293
<b>Julho</b>	624.293	590.000	284.000	306.000	340.293
<b>Agosto</b>	624.293	575.000	276.000	299.000	348.293
<b>Setembro</b>	624.293	477.000	249.000	228.000	375.293
<b>Outubro</b>	886.144	378.000	269.000	109.000	617.144
<b>Novembro</b>	886.144	280.000	224.000	56.000	662.144
<b>Dezembro</b>	886.144	236.000	196.000	40.000	690.144
<b>Total kWh/ano</b>	<b>9260.582</b>	<b>5146.000</b>	<b>3136.000</b>	<b>2010.000</b>	<b>6124.582</b>

Sendo:

*Necessidades energéticas* → As necessidades mensais de energia final do edifício em kWh.

*Energia produzida* → Energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico, descontando as perdas do sistema, em kWh.

*Energia autoconsumida* → Energia elétrica consumida pelo edifício, em kWh.

*Energia excedente* → Energia excedente quando a produção ultrapassa o consumo energético do edifício, em kWh.

*Energia comprada* → Energia útil total contabilizando a energia elétrica, subtraindo a energia elétrica autoconsumida e a energia proveniente de outras fontes, como a biomassa ou o gás natural, em kWh.

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 12 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-5KTL-L1, com uma bateria LG Chem RESU 13 para armazenamento da energia que não é autoconsumida instantaneamente. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 8890 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 5.4 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 26.1 m<sup>2</sup>.

Tabela 14-Resultados do dimensionamento para a solução 1 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	886.144	491.000	441.000	50.000	445.144
<b>Fevereiro</b>	886.144	544.000	494.000	50.000	392.144
<b>Março</b>	886.144	742.000	613.000	129.000	273.144
<b>Abril</b>	886.144	781.000	648.000	133.000	238.144
<b>Mai</b>	560.401	891.000	550.000	341.000	10.401
<b>Junho</b>	624.293	915.000	585.000	330.000	39.293
<b>Julho</b>	624.293	987.000	604.000	383.000	20.293
<b>Agosto</b>	624.293	962.000	606.000	356.000	18.293
<b>Setembro</b>	624.293	794.000	538.000	256.000	86.293
<b>Outubro</b>	886.144	628.000	530.000	98.000	356.144
<b>Novembro</b>	886.144	459.000	427.000	32.000	459.144
<b>Dezembro</b>	886.144	387.000	380.000	7.000	506.144
<b>Total kWh/ano</b>	<b>9260.582</b>	<b>8581.000</b>	<b>6416.000</b>	<b>2165.000</b>	<b>2844.582</b>

## Solução 2 (Termoacumulador + Ar condicionado + Coletor solar térmico):

### Sistema sem armazenamento de energia

Para a solução 2 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 7229.694 kWh/ano.

O sistema solar dimensionado é composto por 6 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor GOODWE GW2500-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 4403 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 2.70 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 13.00 m<sup>2</sup>.

Tabela 15-Resultados do dimensionamento para a solução 2 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	716.903	233.500	168.200	65.300	548.703
<b>Fevereiro</b>	716.903	282.800	212.900	69.900	504.003
<b>Março</b>	716.903	384.600	256.500	128.100	460.403
<b>Abril</b>	716.903	403.200	272.400	130.800	444.503
<b>Mai</b>	391.160	459.500	180.800	278.700	210.360
<b>Junho</b>	455.053	469.100	211.900	257.200	243.153
<b>Julho</b>	455.053	505.300	213.100	292.200	241.953
<b>Agosto</b>	455.053	492.800	206.600	286.200	248.453
<b>Setembro</b>	455.053	408.600	187.300	221.300	267.753
<b>Outubro</b>	716.903	323.300	220.800	102.500	496.103
<b>Novembro</b>	716.903	238.800	185.200	53.600	531.703
<b>Dezembro</b>	716.903	201.800	162.300	39.500	554.603
<b>Total kWh/ano</b>	<b>7229.694</b>	<b>4403.300</b>	<b>2478.000</b>	<b>1925.300</b>	<b>4751.694</b>

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 10 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-4KTL-L1 e bateria LG Chem RESU 13. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 7370 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 4.50 kWp. O Sistema perfaz uma área de 21.7 m<sup>2</sup>.

Tabela 16-Resultados do dimensionamento para a solução 2 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	716.903	382.000	356.000	26.000	360.903
<b>Fevereiro</b>	716.903	446.000	421.000	25.000	295.903
<b>Março</b>	716.903	612.000	537.000	75.000	179.903
<b>Abril</b>	716.903	647.000	563.000	84.000	153.903
<b>Mai</b>	391.160	741.000	390.000	351.000	1.160
<b>Junho</b>	455.053	760.000	449.000	311.000	6.052
<b>Julho</b>	455.053	820.000	455.000	365.000	0.052
<b>Agosto</b>	455.053	799.000	455.000	344.000	0.052
<b>Setembro</b>	455.053	658.000	434.000	224.000	21.053
<b>Outubro</b>	716.903	520.000	464.000	56.000	252.903
<b>Novembro</b>	716.903	379.000	366.000	13.000	350.903
<b>Dezembro</b>	716.903	319.000	318.000	1.000	398.903
<b>Total kWh/ano</b>	<b>7229.694</b>	<b>7083.000</b>	<b>5208.000</b>	<b>1875.000</b>	<b>2021.694</b>

### **Solução 3 (Caldeira a gás natural + Ar condicionado):**

#### **Sistema sem armazenamento de energia**

Para a solução 3 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 4339.15 kWh/ano.

O sistema solar dimensionado é composto por 6 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM72-S03-400-PR, inversor GOODWE GW2000-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 3656.9 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 2.40 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 12.00 m<sup>2</sup>.

Tabela 17-Resultados do dimensionamento para a solução 3 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2192.508	191.500	94.200	97.300	2098.308
<b>Fevereiro</b>	2192.508	241.200	119.700	121.500	2072.808
<b>Março</b>	2192.508	321.700	133.000	188.700	2059.508
<b>Abril</b>	2192.508	337.800	143.200	194.600	2049.308
<b>Maió</b>	553.262	380.600	156.400	224.200	396.862
<b>Junho</b>	2256.397	389.700	184.400	205.300	2071.997
<b>Julho</b>	2256.397	415.600	186.300	229.300	2070.097
<b>Agosto</b>	2256.397	401.500	178.100	223.400	2078.297
<b>Setembro</b>	2256.397	339.100	163.800	175.300	2092.597
<b>Outubro</b>	2192.508	270.100	121.100	149.000	2071.408
<b>Novembro</b>	2192.508	203.800	98.300	105.500	2094.208
<b>Dezembro</b>	2192.508	164.300	89.100	75.200	2103.408
<b>Total kWh/ano</b>	<b>24926.404</b>	<b>3656.900</b>	<b>1667.600</b>	<b>1989.300</b>	<b>23258.804</b>

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 7 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-3.00KTL-L1, e bateria LG Chem RESU 10. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 4614.6 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 3150 kWp. A superfície ocupada pelos módulos foi de 15.60 m<sup>2</sup>.

Tabela 18-Resultados do dimensionamento para a solução 3 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2192.508	245.400	245.400	0.000	1947.108
<b>Fevereiro</b>	2192.508	297.400	297.400	0.000	1895.108
<b>Março</b>	2192.508	384.900	329.800	55.100	1862.708
<b>Abril</b>	2192.508	436.700	340.000	96.700	1852.508
<b>Mai</b>	553.262	477.000	340.000	137.000	213.262
<b>Junho</b>	2256.397	504.100	403.900	100.200	1852.497
<b>Julho</b>	2256.397	524.500	404.000	120.500	1852.397
<b>Agosto</b>	2256.397	516.500	404.000	112.500	1852.397
<b>Setembro</b>	2256.397	435.400	401.500	33.900	1854.897
<b>Outubro</b>	2192.508	330.900	330.900	0.000	1861.608
<b>Novembro</b>	2192.508	255.600	255.600	0.000	1936.908
<b>Dezembro</b>	2192.508	207.200	207.200	0.000	1985.308
<b>Total kWh/ano</b>	<b>24926.404</b>	<b>4615.600</b>	<b>3959.700</b>	<b>655.900</b>	<b>20966.704</b>

#### **Solução 4 (Caldeira a gás natural + Ar condicionado + Coletor solar térmico):**

##### **Sistema sem armazenamento de energia**

Para a solução 4 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 4339.15 kWh/ano.

O sistema solar dimensionado é composto por 6 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM72-S03-400-PR, inversor GOODWE GW2000-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 3656.9 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 2.40 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 12.00 m<sup>2</sup>.

Tabela 19-Resultados do dimensionamento para a solução 4 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2028.765	191.500	94.200	97.300	1934.565
<b>Fevereiro</b>	2028.765	241.200	119.700	121.500	1909.065
<b>Março</b>	2028.765	321.700	133.000	188.700	1895.765
<b>Abril</b>	2028.765	337.800	143.200	194.600	1885.565
<b>Mai</b>	389.519	380.600	156.400	224.200	233.119
<b>Junho</b>	2092.653	389.700	184.400	205.300	1908.253
<b>Julho</b>	2092.653	415.600	186.300	229.300	1906.353
<b>Agosto</b>	2092.653	401.500	178.100	223.400	1914.553
<b>Setembro</b>	2092.653	339.100	163.800	175.300	1928.853
<b>Outubro</b>	2028.765	270.100	121.100	149.000	1907.665
<b>Novembro</b>	2028.765	203.800	98.300	105.500	1930.465
<b>Dezembro</b>	2028.765	164.300	89.100	75.200	1939.665
<b>Total kWh/ano</b>	<b>22961.487</b>	<b>3656.900</b>	<b>1667.600</b>	<b>1989.300</b>	<b>21293.887</b>

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 7 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-3.00KTL-L1, e bateria LG Chem RESU 10. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 4615.6 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 3150 kWp. A superfície ocupada pelos módulos foi de 15.60 m<sup>2</sup>.

Tabela 20-Resultados do dimensionamento para a solução 4 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2028.765	245.400	245.400	0.000	1783.365
<b>Fevereiro</b>	2028.765	297.400	297.400	0.000	1731.365
<b>Março</b>	2028.765	384.900	329.800	55.100	1698.965
<b>Abril</b>	2028.765	436.700	340.000	96.700	1688.765
<b>Maiο</b>	389.519	477.000	340.000	137.000	49.519
<b>Junho</b>	2092.653	504.100	403.900	100.200	1688.753
<b>Julho</b>	2092.653	524.500	404.000	120.500	1688.653
<b>Agosto</b>	2092.653	516.500	404.000	112.500	1688.653
<b>Setembro</b>	2092.653	435.400	401.500	33.900	1691.153
<b>Outubro</b>	2028.765	330.900	330.900	0.000	1697.865
<b>Novembro</b>	2028.765	255.600	255.600	0.000	1773.165
<b>Dezembro</b>	2028.765	207.200	207.200	0.000	1821.565
<b>Total kWh/ano</b>	<b>22961.487</b>	<b>4615.600</b>	<b>3959.700</b>	<b>655.900</b>	<b>19001.787</b>

## Solução 5 (Caldeira a biomassa + Ar condicionado):

### Sistema sem armazenamento de energia

Para a solução 5 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 5210.82 kWh/ano.

O sistema solar dimensionado é composto por 6 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM72-S03-400-PR, inversor GOODWE GW2000-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 3554 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 2.40 kWp. A superfície ocupada pelos módulos foi de 12.00 m<sup>2</sup>.

Tabela 21-Resultados do dimensionamento para a solução 5 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2287.209	195.500	94.300	101.200	2192.909
<b>Fevereiro</b>	2287.209	236.700	117.100	119.600	2170.109
<b>Março</b>	2287.209	321.800	137.700	184.100	2149.509
<b>Abril</b>	2287.209	336.900	146.700	190.200	2140.509
<b>Mai</b>	866.398	383.900	219.600	164.300	646.798
<b>Junho</b>	930.287	391.700	245.600	146.100	684.687
<b>Julho</b>	930.287	421.500	250.200	171.300	680.087
<b>Agosto</b>	930.287	411.200	246.000	165.200	684.287
<b>Setembro</b>	2525.432	340.800	218.600	122.200	2306.832
<b>Outubro</b>	2287.209	270.200	119.300	150.900	2167.909
<b>Novembro</b>	2287.209	200.000	104.000	96.000	2183.209
<b>Dezembro</b>	2287.209	169.000	92.200	76.800	2195.009
<b>Total kWh/ano</b>	<b>22193.154</b>	<b>3679.200</b>	<b>1991.300</b>	<b>1687.900</b>	<b>20201.854</b>

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 8 módulos fotovoltaicos do modelo JA SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-3.00KTL-L1, e bateria LG Chem RESU 10. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 6120 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 5500 kWp. A superfície ocupada pelos módulos foi de 17.4 m<sup>2</sup>.

Tabela 22-Resultados do dimensionamento para a solução 5 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	2287.209	277.000	236.000	41.000	2051.209
<b>Fevereiro</b>	2287.209	328.000	280.000	48.000	2007.209
<b>Março</b>	2287.209	460.000	322.000	138.000	1965.209
<b>Abril</b>	2287.209	482.000	340.000	142.000	1947.209
<b>Mai</b>	866.398	550.000	438.000	112.000	428.398
<b>Junho</b>	930.287	563.000	466.000	97.000	464.287
<b>Julho</b>	930.287	609.000	481.000	128.000	449.287
<b>Agosto</b>	930.287	589.000	484.000	105.000	446.287
<b>Setembro</b>	2525.432	489.000	411.000	78.000	2114.432
<b>Outubro</b>	2287.209	386.000	294.000	92.000	1993.209
<b>Novembro</b>	2287.209	278.000	246.000	32.000	2041.209
<b>Dezembro</b>	2287.209	233.000	226.000	7.000	2061.209
<b>Total kWh/ano</b>	<b>22193.154</b>	<b>5244.000</b>	<b>4224.000</b>	<b>1020.000</b>	<b>17969.154</b>

## Solução 6 e 7 (Bomba de calor aerotérmica):

### Sistema sem armazenamento de energia

Para a solução 6 e 7 as necessidades nominais anuais de energia elétrica eram de 6746.751 kWh/ano.

O sistema solar dimensionado é composto por 6 módulos fotovoltaicos do modelo JÁ SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor GOODWE GW2500-NS. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 4150 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 2.7 kWp. A superfície ocupada pelos módulos é de 13.00 m<sup>2</sup>.

Tabela 23-Resultados do dimensionamento para a soluções 6 e 7 sem armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	625.461	220.000	150.600	69.400	474.861
<b>Fevereiro</b>	625.461	266.400	190.500	75.900	434.961
<b>Março</b>	625.461	362.400	228.500	133.900	396.961
<b>Abril</b>	625.461	380.100	242.100	138.000	383.361
<b>Mai</b>	398.894	433.100	182.400	250.700	216.494
<b>Junho</b>	492.407	442.300	222.300	220.000	270.107
<b>Julho</b>	492.407	476.400	224.900	251.500	267.507
<b>Agosto</b>	492.407	464.600	218.200	246.400	274.207
<b>Setembro</b>	492.407	385.100	197.100	188.000	295.307
<b>Outubro</b>	625.461	304.600	196.500	108.100	428.961
<b>Novembro</b>	625.461	225.000	166.600	58.400	458.861
<b>Dezembro</b>	625.461	190.100	145.700	44.400	479.761
<b>Total kWh/ano</b>	<b>6746.751</b>	<b>4150.100</b>	<b>2365.400</b>	<b>1784.700</b>	<b>4381.351</b>

## Sistema com armazenamento de energia

O sistema solar dimensionado é composto por 9 módulos fotovoltaicos do modelo JÁ SOLAR JAM-S10-450-MR, inversor híbrido HUAWEI SUN2000-4KTL-L1, com bateria LG Chem RESU 13. A energia elétrica produzida anualmente pelo sistema foi de 6340 kWh/ano, e a potência nominal do sistema é de 4.05kWp. A superfície ocupada pelos módulos foi de 19.50 m<sup>2</sup>.

Tabela 24-Resultados do dimensionamento para a soluções 6 e 7 com armazenamento de energia.

	<b>Necessidades energéticas kWh</b>	<b>Energia produzida kWh</b>	<b>Energia autoconsumida kWh</b>	<b>Energia excedente kWh</b>	<b>Energia comprada kWh</b>
<b>Janeiro</b>	625.461	323.000	319.000	4.000	306.461
<b>Fevereiro</b>	625.461	382.000	372.000	10.000	253.461
<b>Março</b>	625.461	523.000	486.000	37.000	139.461
<b>Abril</b>	625.461	555.000	507.000	48.000	118.461
<b>Mai</b>	398.894	633.000	396.000	237.000	2.894
<b>Junho</b>	492.407	649.000	477.000	172.000	15.407
<b>Julho</b>	492.407	701.000	486.000	215.000	6.407
<b>Agosto</b>	492.407	679.000	492.000	187.000	0.407
<b>Setembro</b>	492.407	561.000	448.000	113.000	44.407
<b>Outubro</b>	625.461	447.000	420.000	27.000	205.461
<b>Novembro</b>	625.461	326.000	323.000	3.000	302.461
<b>Dezembro</b>	625.461	275.000	275.000	0.000	350.461
<b>Total kWh/ano</b>	<b>6746.751</b>	<b>6054.000</b>	<b>5001.000</b>	<b>1053.000</b>	<b>1745.751</b>

## 7.9. Análise do Desempenho Energético das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica

Após definidas as soluções de sistemas técnicos e os projetos solares fotovoltaicos para cada solução, com recurso novamente à folha ITECONS procedeu-se à análise do desempenho energético de cada sistema fotovoltaico, sem e com armazenamento de energia para cada solução.

A energia produzida pelo fotovoltaico, foi distribuída pelas necessidades energéticas para o aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias de acordo com a energia fotovoltaica autoconsumida mensalmente.

A contribuição dos sistemas solares fotovoltaicos para as necessidades energéticas do edifício em estudo foi calculada de acordo com a equação 6 (Guimarães, 2016).

Equação 7

$$\text{Contribuição do sistema fotovoltaico(\%)} = \frac{\text{Energia autoconsumida}}{\text{Energia autoconsumida} + \text{Energia excedente}}$$

Apresenta-se de seguida as tabelas resumo com os indicadores de desempenho energético da habitação em estudo, para cada sistema fotovoltaico.

Tabela 25- Resultados do desempenho energético das soluções sem sistema solar fotovoltaico.

Sem Sistema Solar Fotovoltaico					
Solução	Classe Energética	R <sub>NT</sub>	Ren <sub>Hab</sub>	Energia renovável %	Emissões de CO2 (t/ano)
Solução 1	B	0.69	1.53	66.35%	1.85
Solução 2	A	0.42	3.57	79.38%	1.12
Solução 3	B	0.71	0.74	11.78	2.89
Solução 4	B	0.61	1.54	23.40%	2.5
Solução 5	A+	0.13	3.87	93.10%	0.41
Solução 6	A	0.41	3.61	82.44%	0.95

Tabela 26-Resultados do desempenho energético das soluções com sistema solar fotovoltaico sem armazenamento.

<b>Com Sistema Solar Fotovoltaico sem armazenamento de energia</b>						
<b>Solução</b>	<b>Classe Energética</b>	<b>R<sub>NT</sub></b>	<b>Ren<sub>Hab</sub></b>	<b>Energia renovável %</b>	<b>Emissões de CO2 (t/ano)</b>	<b>Contribuição do sistema %</b>
<b>Solução 1</b>	A	0.27	2.70	86.60%	0.74	60.94%
<b>Solução 2</b>	A+	0.15	5.04	92.47%	0.41	56.28%
<b>Solução 3</b>	B	0.68	0.99	13.38%	2.80	45.60%
<b>Solução 4</b>	B	0.58	1.80	25.01%	2.40	45.60%
<b>Solução 5</b>	A+	0.00	4.57	99.82%	0.01	54.12%
<b>Solução 6</b>	A+	0.10	5.10	95.65%	0.24	57.00%

Tabela 27-Resultados do desempenho energético das soluções sem sistema solar fotovoltaico com armazenamento.

<b>Com Sistema Solar Fotovoltaico com armazenamento de energia</b>						
<b>Solução</b>	<b>Classe Energética</b>	<b>R<sub>NT</sub></b>	<b>Ren<sub>Hab</sub></b>	<b>Energia renovável %</b>	<b>Emissões de CO2 (t/ano)</b>	<b>Contribuição do sistema %</b>
<b>Solução 1</b>	A+	0.06	3.30	96.95%	0.17	74.77%
<b>Solução 2</b>	A+	0.01	5.82	99.45%	0.03	73.53%
<b>Solução 3</b>	B	0.68	0.99	13.38%	2.80	85.79%
<b>Solução 4</b>	B	0.58	1.80	25.01%	2.40	85.79%
<b>Solução 5</b>	A+	0.00	4.58	100.00%	0.00	80.55%
<b>Solução 6</b>	A+	0.00	5.50	100.00%	0.00	82.61%

### **7.9.1. Análise económica das soluções com incorporação da tecnologia fotovoltaica**

Nesta segunda etapa foi realizada uma análise económica, para cada solução, da incorporação de um sistema solar fotovoltaico sem armazenamento de energia com e sem a venda do excedente de produção e um sistema com armazenamento de energia igualmente com e sem a venda do excedente de produção fotovoltaica.

As tabelas 28 e 29 apresentam os valores relativos aos investimentos iniciais, que inclui os custos dos módulos fotovoltaicos, inversores, baterias, estruturas de fixação, contadores, mão de obra para a instalação e todos os acessórios necessários ao perfeito

funcionamento do sistema fotovoltaico. Inclui ainda os custos de manutenção anuais de cada solução. Os valores apresentados para os custos dos sistemas fotovoltaicos, foram obtidos através da solicitação de orçamentos a fornecedores locais do concelho de Vila Real.

Tabela 28-Resumo dos custos de investimento e custos de manutenção anuais de cada solução fotovoltaica sem armazenamento.

Solução	Sistema sem armazenamento de energia					
	Sem venda do excedente			Com venda do excedente		
	Investimento inicial (€)	Custo de manutenção anual (€)		Investimento inicial (€)	Custo de manutenção anual (€)	
1/10 anos		11/20 anos	1/10 anos		11/20 anos	
<b>Solução 1</b>	3266.90	16.33	32.67	3700.79	18.50	37.01
<b>Solução 2</b>	2843.70	14.22	28.44	3277.59	16.39	32.78
<b>Solução 3</b>	2477.81	12.39	24.78	2911.70	14.56	29.12
<b>Solução 4</b>	2477.81	12.39	24.78	2911.70	14.56	29.12
<b>Solução 5</b>	2477.81	12.39	24.78	2911.70	14.56	29.12
<b>Solução 6 e 7</b>	2843.70	14.22	28.44	3277.59	16.39	32.78

Tabela 29-Resumo dos custos de investimento e custos de manutenção anuais de cada solução fotovoltaica com armazenamento.

Solução	Sistema com armazenamento de energia					
	Sem venda do excedente			Com venda do excedente		
	Investimento inicial (€)	Custo de manutenção anual (€)		Investimento inicial (€)	Custo de manutenção anual (€)	
1/10 anos		11/20 anos	1/10 anos		11/20 anos	
<b>Solução 1</b>	12421.70	62.11	124.22	12855.59	64.28	128.56
<b>Solução 2</b>	11594.15	57.97	115.94	12028.04	60.14	120.28
<b>Solução 3</b>	8646.78	43.23	86.47	9080.67	45.40	90.81
<b>Solução 4</b>	8646.78	43.23	86.47	9080.67	45.40	90.81
<b>Solução 5</b>	9611.83	48.06	96.12	10045.72	50.23	100.46
<b>Solução 6 e 7</b>	11308.05	56.54	113.08	11741.94	58.71	117.42

## Solução 1 (Termoacumulador + Ar condicionado):

Tabela 30-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 1 com sistema fotovoltaico.

	Solução 1 – FV sem armazenamento de energia	Solução 1- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	1403.90	1403.90
Fatura de eletricidade com FV €/ano	928.49	431.24
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	475.42	972.67
Receita venda eletricidade €/ano	140.70	151.55

Tabela 31-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 1.

Solução 1				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
VAL	2 209.22 €	3 574.43 €	- 1 624.38 €	- 269.62 €
TIR	14.40%	17.58%	5.33%	6.74%
PAYBACK (anos)	9.22	7.38	>20	>20

O gráfico 26 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 1.

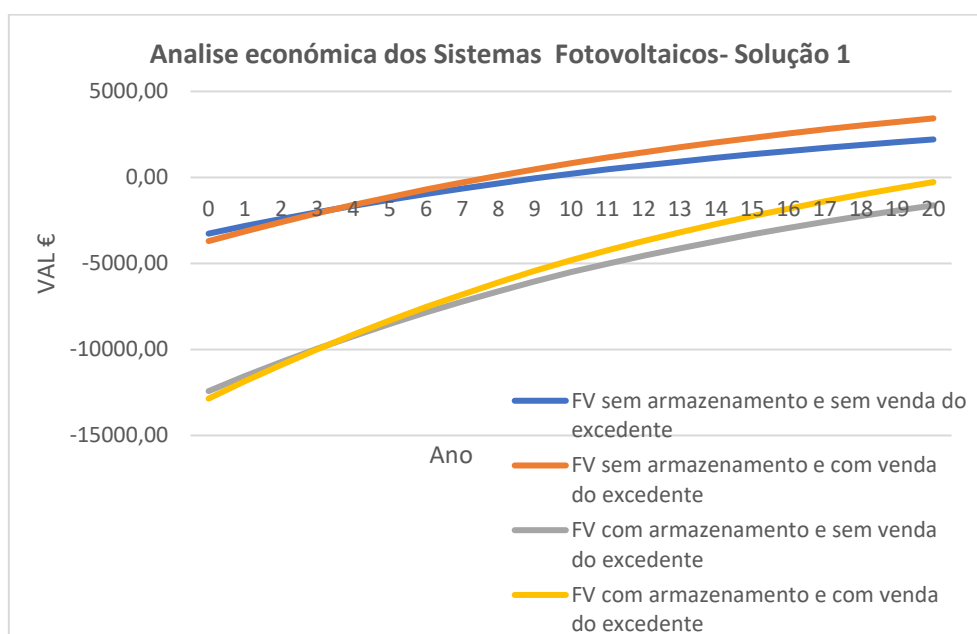


Figura 21-Gráfico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 1.

## Solução 2 (Termoacumulador + Ar condicionado + Coletor solar térmico):

Tabela 32-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 2 com sistema fotovoltaico.

	Solução 2 – FV sem armazenamento de energia	Solução 2- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	1096.02	1096.02
Fatura de eletricidade com FV €/ano	720.36	306.49
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	375.66	789.53
Receita venda eletricidade €/ano	134.77	131.25

Tabela 33-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 2.

Solução 2				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
VAL	1 464.84 €	2 618.17 €	- 2 936.77 €	- 1 825.71 €
TIR	12.76%	15.61%	3.64%	5.05%
PAYBACK (anos)	10.53	8.43	>20	>20

O gráfico 27 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 2.

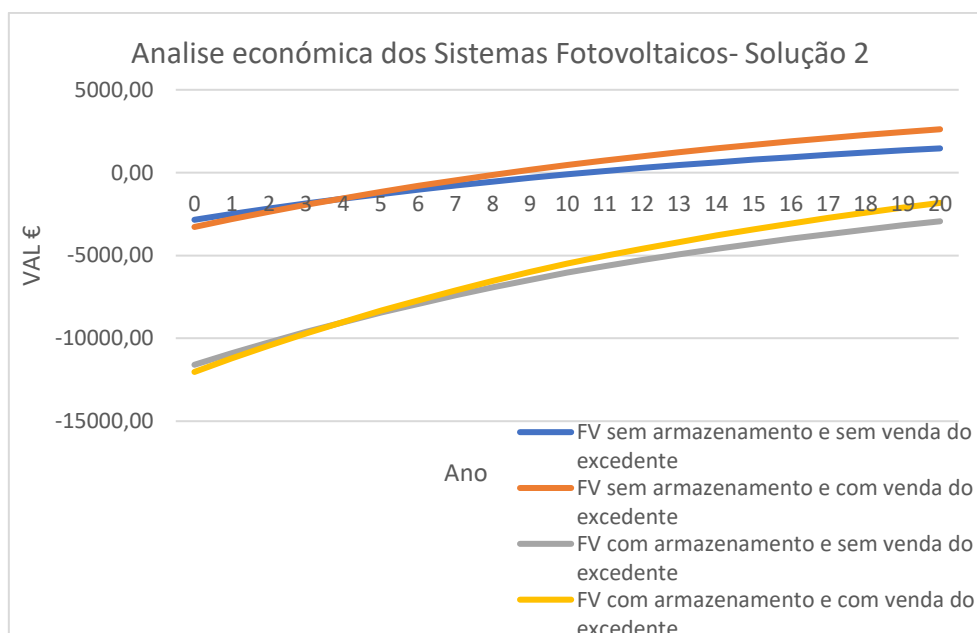


Figura 22-Gráfico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 2.

### Solução 3 (Caldeira a gás natural + Ar condicionado):

Tabela 34-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 3 com sistema fotovoltaico.

	Solução 3 – FV sem armazenamento de energia	Solução 3- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	657.82	657.82
Fatura de eletricidade com FV €/ano	405.01	57.53
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	252.81	600.29
Receita venda eletricidade €/ano	139.25	45.91

Tabela 35-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 3.

Solução 3				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
VAL	381.72 €	1 588.84 €	- 2 052.55 €	- 1 965.98 €
TIR	8.83%	13.07%	3.87%	4.16%
PAYBACK (anos)	15.69	10.24	>20	>20

O gráfico 28 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 3.

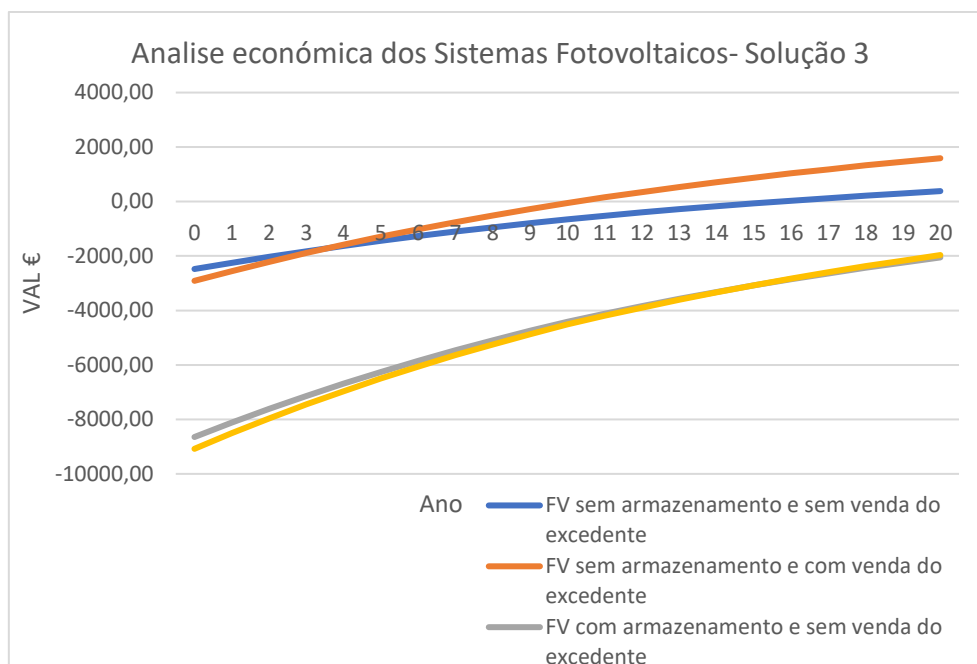


Figura 23-Gráfico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 3.

### Solução 4 (Caldeira a gás natural + Ar condicionado + Coletor solar térmico):

Tabela 36-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 4 com sistema fotovoltaico.

	Solução 4 – FV sem armazenamento de energia	Solução 4- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	657.82	657.82
Fatura de eletricidade com FV €/ano	405.01	57.53
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	252.81	600.29
Receita venda eletricidade €/ano	139.25	45.91

Tabela 37-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 4.

Solução 4				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
<b>VAL</b>	381.72 €	1 588.84 €	- 2 052.55 €	- 1 965.98 €
<b>TIR</b>	8.83%	13.07%	3.87%	4.16%
<b>PAYBACK (anos)</b>	15.69	10.24	>20	>20

O gráfico 29 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 4.

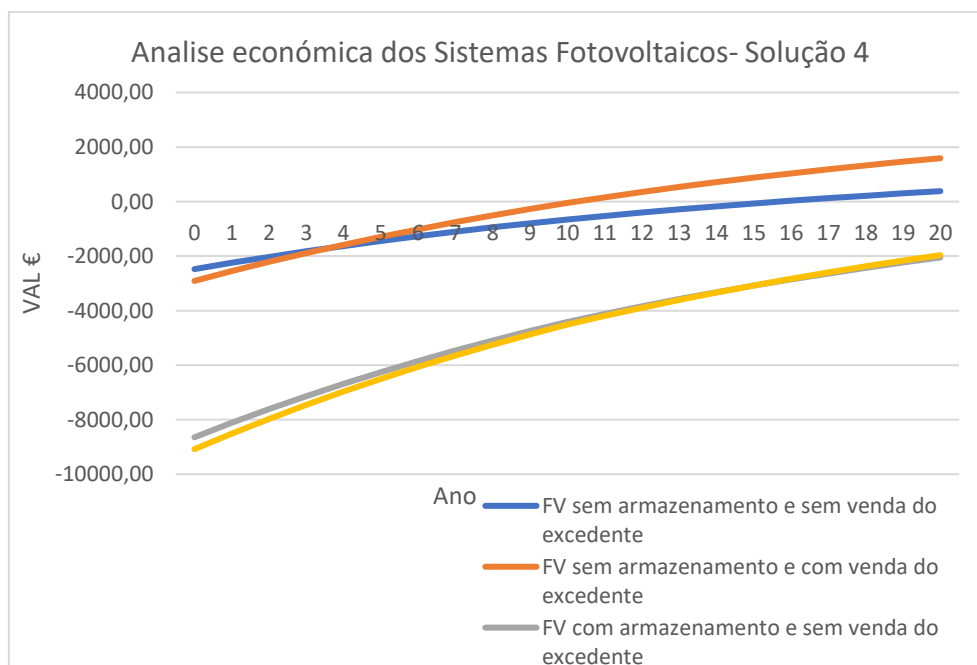


Figura 24-Gráfico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 4.

## Solução 5 (Caldeira a biomassa + Ar condicionado):

Tabela 38-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 5 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	Solução 5 – FV sem armazenamento de energia	Solução 5- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	789.96	789.96
Fatura de eletricidade com FV €/ano	488.08	149.60
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	301.88	640.36
Receita venda eletricidade €/ano	118.15	71.40

Tabela 39-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 5.

Solução 5				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
VAL	970.85 €	1 924.68 €	- 2 604.93 €	- 2 212.38 €
TIR	11.47%	14.24%	3.38%	4.11%
PAYBACK (anos)	11.84	9.33	>20	>20

O gráfico 30 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 5.

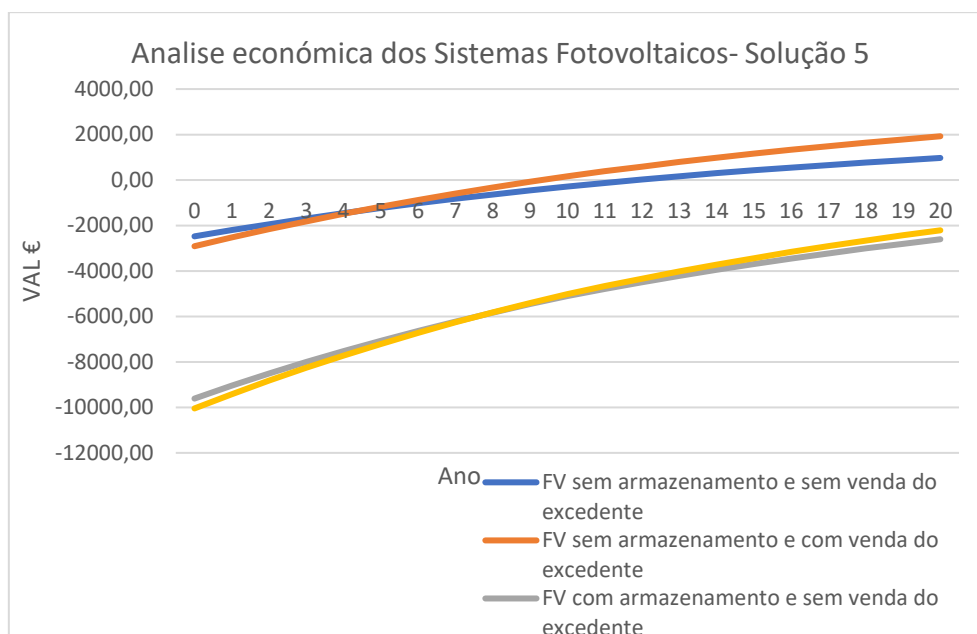


Figura 25-Gráfico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 5.

## Solução 6 e 7 (Bomba de calor aerotérmica):

Tabela 40-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico.

	Solução 6 e 7 – FV sem armazenamento de energia	Solução 6 e 7- FV com armazenamento de energia
Fatura de eletricidade sem FV €/ano	1022.81	1022.81
Fatura de eletricidade com FV €/ano	664.21	264.66
Redução na Fatura de eletricidade €/ano	358.59	758.15
Receita venda eletricidade €/ano	124.93	73.71

Tabela 41-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 6 e 7.

Solução 6 e 7				
	Sem armazenamento		Com armazenamento	
	Sem venda	Com venda	Sem venda	Com venda
VAL	1 259.90 €	2 420.01 €	- 3 007.15 €	- 2 586.86 €
TIR	12.01%	15.30%	3.46%	4.11%
PAYBACK (anos)	11.26	8.62	>20	>20

O gráfico 31 apresenta a comparação da análise económica de cada um dos sistemas fotovoltaicos para a solução 6 e 7.

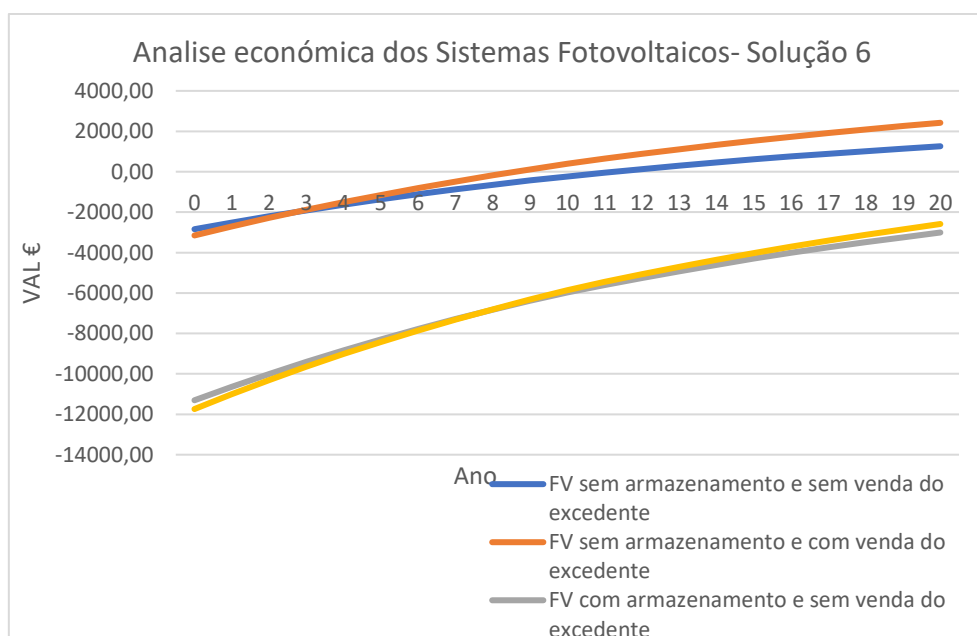


Figura 26-Grafico comparativo das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 6 e 7.

## 8. CONCLUSÃO

Face à crescente preocupação com as alterações climáticas foram desenvolvidas metas para mitigar as emissões com efeito estufa e aumentar a eficiência energética dos edifícios, que se mostram ter um impacto significativo no ambiente. Neste seguimento surgem alterações às diretivas relativas ao desempenho energético dos edifícios que obrigam a que os novos edifícios de habitação tenham necessidades quase nulas de energia e para tal além de ser necessário promover soluções passivas eficientes, como o uso de sistemas de isolamento, sistemas construtivos, vãos envidraçados eficientes e orientação mais adequada, é também necessário implementar sistemas de climatização com consumos energéticos eficientes e sistemas de produção de energia para autoconsumo.

O objetivo desta tese centralizou-se no estudo, para um edifício de habitação em Vila Real, de diversas soluções de sistemas de climatização e águas quentes sanitárias, bem como no uso de sistemas fotovoltaicos com a finalidade de analisar a influência dos mesmos no desempenho energético de edifícios de habitação e também a sua viabilidade económica.

Relativamente às soluções de climatização e produção de AQS sem a incorporação da tecnologia fotovoltaica pode-se chegar a algumas conclusões fundamentais:

Foi possível observar pela análise económica das soluções de sistemas técnicos que embora o custo de investimento inicial, de uma solução com sistemas técnicos altamente eficientes e que recorram a fontes de energia renováveis como a energia biomassa e a energia aerotérmica, sejam superiores, a redução na fatura energética proveniente destes sistemas compensa o custo de investimento num espaço muito curto de tempo. No caso específico da solução 1 e da solução 2 onde o ar condicionado é responsável pela parcela total da climatização do edifício em estudo, uma vez que o custo de investimento inicial é inferior ao da solução 3, com caldeira a gás natural responsável pelo aquecimento e AQS e ar condicionado responsável pelo arrefecimento da habitação, o valor líquido atual é o valor mais elevado, pelo que economicamente falando são as soluções mais viáveis. No entanto, indo de encontro a entrevistas realizadas e a pesquisas efetuadas o ar condicionado não se mostra ser a solução de aquecimento ambiente mais eficaz. Posto isto e analisando as restantes soluções conclui-se que as soluções com bomba de calor aerotérmica e piso radiante ou ventiloconvectores são as mais viáveis economicamente,

tendo um VAL, ao fim do período de 20 anos, de valor 33990.55€ e 33030,55€, respetivamente, e um período de retorno inferior a 2 anos. Já a solução 5 com caldeira a pellets apresenta um valor líquido atual (VAL), no mesmo período de análise, positivo, mas inferior aos demais, e um período de retorno de aproximadamente 6 anos. Relativamente ao desempenho energético do edifício a solução 5 foi a que apresentou o melhor resultado, com uma classe energética A+, seguida pelas soluções com bomba de calor ar-água com classe energética A. Pode-se também observar que a solução 4, com os mesmos sistemas técnicos da solução 3 e a incorporação de um coletor solar térmico para AQS, não se mostrou ser viável economicamente, apresentando um valor de VAL negativo, no período de análise, e um período de retorno superior a 20 anos.

A escolha de soluções com sistemas técnicos que recorram a fontes de energia não renováveis, como é o caso da caldeira a gás natural, mostrou-se não garantir o desempenho energético mínimo exigido aos novos edifícios pelo no Despacho n.º 6476-H/2021 mesmo com a incorporação de energia solar térmica ou energia solar elétrica.

O uso de sistemas solares fotovoltaicos mostrou-se altamente eficiente no desempenho energético dos edifícios de habitação quando associado a sistemas de climatização e AQS com elevados níveis de eficiência e que utilizem energia elétrica para o seu funcionamento, como o caso das bombas de calor, termoacumuladores elétricos e ar condicionado.

Nesta tese de mestrado os sistemas fotovoltaicos foram dimensionados de modo a satisfazer o máximo das necessidades anuais de energia elétrica do edifício, sem gerar um excedente de produção demasiado elevado, pois quanto maior for a produção de energia por parte do fotovoltaico, maior será o número de módulos necessários, maior será a sua potência de pico, e maior terá de ser a potência do inversor do sistema, o que consequentemente acarreta maiores custos de investimento inicial. Os custos de investimento inicial elevados podem ser compensados pela redução da fatura energética anual do edifício e pela venda do excedente energético à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), o que contribui para a redução do período de retorno do investimento.

Foram analisados, para cada solução de sistemas técnicos, sistemas solares fotovoltaicos sem armazenamento de energia e com armazenamento de energia, e ainda foi analisada a viabilidade económica da venda da energia excedente de produção fotovoltaica à RESP. Os sistemas fotovoltaicos sem armazenamento de energia e sem venda do excedente de

produção á rede apresentam custos de investimento mais baixos, no entanto, pelo motivo dos maiores consumos diários de energia eléctrica do edifício estarem desfasados dos períodos diários de maior produção fotovoltaica verifica-se um elevado excedente energético que é perdido sem qualquer rentabilização económica.

Por outro lado, os sistemas fotovoltaicos, também sem armazenamento de energia, mas com venda do excedente á rede apresentam custos de investimento iniciais ligeiramente superiores pela necessidade de acrescentar um contador bidirecional ao sistema, no entanto, apresentam a vantagem de não haver desperdício de energia excedente e esta poder ser vendida á RESP. O preço de venda de energia é significativamente mais baixo que o seu valor de compra, mas para excedentes energéticos significativos é uma forma economicamente viável de compensar os custos de investimento com os sistemas. Os sistemas solares fotovoltaicos sem armazenamento de energia mostraram ser economicamente viáveis, com valores líquidos atuais (VAL) positivos e Taxas Internas de Rentabilidade (TIR) superiores à taxa de atualização, mas as simulações dos sistemas fotovoltaicos sem armazenamento de energia e com venda do excedente de produção apresentam valores do VAL superiores e menores períodos de retorno face aos mesmos sistemas sem venda do excedente energético. Deste modo podemos concluir que os sistemas solares fotovoltaicos com a venda do excedente de produção fotovoltaica são mais vantajosos economicamente comparativamente ao mesmo sistema sem a venda do excedente de produção fotovoltaica.

Por fim, os sistemas fotovoltaicos com armazenamento, com ou sem a venda do excedente de produção, mostraram ser altamente eficazes na melhoria do desempenho energético do edifício, e na redução da fatura energética anual, no entanto devido às baterias de armazenamento que ainda apresentam um custo muito significativo, os custos de investimento inicial do sistema são muito elevados e não conseguem ser compensados pelas receitas geradas num curto a medio prazo de vida. Todas as simulações fotovoltaicas com armazenamento de energia, para todas as soluções, não se mostram economicamente viáveis para o período em estudo, uma vez que o valor líquido atual (VAL) é negativo e a Taxa interna de rentabilidade (TIR) é inferior a taxa de atualização dos preços e consequentemente o período de retorno é superior a 20 anos.

É importante ressaltar que o estudo da viabilidade económica das diferentes soluções de sistemas técnicos e das diferentes soluções de sistemas solares fotovoltaicos foi analisado

para uma taxa de atualização dos preços de 7% ao ano. A taxa de atualização dos preços utilizada para o cálculo do VAL já incorpora o “lucro” que o promotor pretende alcançar com o investimento, se este “lucro” for elevado o valor atual líquido (VAL) pode ser zero ou mesmo negativo e ainda assim o investimento ser economicamente viável. Por este motivo é importante perceber qual o “lucro” já incorporado na taxa de atualização dos preços, e calcular o TIR com o objetivo de analisar se uma determinada solução que apresente um VAL negativo ou zero, mesmo assim possa ter lucro e ser considerada economicamente viável.

É igualmente importante referir que, o estudo da viabilidade económica das diferentes soluções de sistemas técnicos e de sistemas fotovoltaicos foi realizado para um período de 20 anos, pelo que, se alargarmos o período de estudo (superior a 20 anos) conseguimos obter valores atuais líquidos (VAL) positivos para os sistemas solares fotovoltaicos com armazenamento de energia.

Existem várias empresas, como a EDP, GALP, IBERDROLA, que apresentam soluções para instalação de sistemas solares fotovoltaicos cujo custo de investimento pode ser pago em 24, 36 ou 48 meses sem juros, o que pode ser uma mais-valia para quem deseja usufruir das vantagens da energia solar elétrica, mas não tem capacidade financeira de suportar o seu custo.

Atualmente, o Banco Europeu de Investimentos (BEI), disponibiliza os bónus verdes, isto é, financia projetos que contribuam para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A promoção imobiliária conta hoje com soluções para projetos focados na sustentabilidade, como por exemplo o “Crédito à Promoção Imobiliária Verde” do Millennium bcp, que oferece condições mais vantajosas no financiamento de projetos de construção ou de reabilitação urbana com certificação de sustentabilidade BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) nas classificações *Very Good* a *Outstanding* ou LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) nas classificações *Gold* ou *Platinum*, promovendo a transição progressiva para um parque habitacional “sustentável” e ecologicamente responsável (Millunium BCP, 2023). Por este motivo podemos concluir que, embora as análises de viabilidade económica estudadas ao longo desta Tese de Mestrado forneçam um instrumento útil para avaliar as diferentes soluções de sistemas técnicos e sistemas fotovoltaicos, é indispensável realizar um estudo mais aprofundado e avaliar o peso da

classificação energética do edifício no mercado imobiliário, bem como analisar os incentivos bancários para edifícios cuja classe energética é superior e classificação de sustentabilidade.

## **8.1. Trabalhos futuros**

A pesquisa feita neste trabalho pode ser ampliada com a realização de estudos mais complexos, sugere-se:

- Fazer o estudo para diferentes sistemas técnicos, buscando sistemas inovadores passíveis de serem utilizados em edifícios de habitação como os sistemas técnicos que utilizem energia eólica.
- Estudar o desempenho energético e viabilidade económica de diferentes sistemas técnicos com combustíveis a biomassa como os caroços de azeitona.
- Estudar quais as melhores soluções de sistemas técnicos a adotar em reabilitações de edifícios de habitação.
- Estudar a influência das energias renováveis nos edifícios de habitação tendo como base os fatores *Environmental, Social and Governance* (ESG) e a perceção de valor imobiliário que os fatores de sustentabilidade têm para os compradores de imóveis de habitação, e consequentemente para investidores, promotores e financiadores.
- Continuar o desenvolvimento desta Tese de Mestrado e estudar a relação entre o valor económico investido nas soluções de sistemas técnicos e sistemas solares fotovoltaicos e a classificação energética do edifício

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE – Agência Para a Energia. Combater a pobreza energética. Disponível em: <https://www.adene.pt/adenenews/combater-a-pobreza-energetica/>

ADENE (2017) – Agência para Energia. Lisboa (2017). Disponível em <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2017/11/10see-10-sist-fotovoltaico-1.pdf> .

Acessado em 24/03/2023

ADENE (2021) – Agência para Energia. Pobreza Energética. Lisboa (2020). Disponível em: [https://www.adene.pt/adenenews/joao\\_pedro\\_gouveia/](https://www.adene.pt/adenenews/joao_pedro_gouveia/) . Acessado em 23/02/2023.

AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE (2022). Relatório de Fontes de Energia Renovável. Disponível em <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/intro> Acessado em 28/01/2023.

ANTUNES, F. J. P. (2016) Desenvolvimento Actual e Perspectivas Futuras da Energia Eólica Offshore em Portugal. Mestrado em Engenharia de Energias Renováveis. Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT). Universidade Nova de Lisboa.

APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis. Anuário 2022. Disponível em [https://anuario.apren.pt/wp-content/themes/APREN/imgs/pdf/APREN\\_anuario2022.pdf](https://anuario.apren.pt/wp-content/themes/APREN/imgs/pdf/APREN_anuario2022.pdf) . Acessado em 12/01/2023

APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis. Anuário 2021. Disponível em <https://anuario.apren.pt/> Acessado em 12/1/2023

APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis. Energias Renováveis. Disponível em: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques> . Acessado em 19/03/2023

BARBOSA, S. A. M. (2013). Eficiência Energética e Energias Renováveis em Edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistema Elétricos de Energia. Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP.

BARBOSA, T. P. (2017). Auditoria Energética e Simulação Dinâmica de um Edifício Público - O Caso do Teatro Municipal de Bragança. Instituto Politécnico de Bragança, 2017.

BERLENGA, J. (2012) Estudo de viabilidade de uma instalação fotovoltaica num edifício existente. Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, ramo Energia, Refrigeração e Climatização. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

BOUZAROVSK, S. (2014). Energy poverty in the European Union: landscapes of vulnerability. WIREs Energy and Environment, 2014, 3: 276–289. doi: 10.1002/wene.89.

CARDOSO, A. (2021) Estudo da viabilidade de tornar um atelier de componentes têxteis 100 % renovável em termos energéticos até 2025. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Biológica Ramo Tecnologia Ambiental. Universidade do Minho

CARNEIRO, M. (2010) - Avaliação Económica da Biomassa para a Produção de Energia. Universidade do Minho

CARVALHO, M. (2021) - Dimensionamento de um Parque solar Fotovoltaico: Análise Técnico económica das diferentes Tecnologias. Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente. Universidade do Minho

COSTA, N. (2022) - Estudo para a implementação de uma UPAC com armazenamento de energia elétrica para uma instalação particular. Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto politécnico de Coimbra

CYPE (2023) Gerador de preços para construção civil. Portugal. CYPE Ingenieros, S.A. Disponível em: <http://www.geradordeprecos.info/> . Acessado a 15/03/2323

DECRETO-LEI n. °156/92 de 26 de julho. Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

DECRETO-LEI n. °40/90 de fevereiro. Regulamento das Caraterísticas de Comportamento Térmico de Edifícios.

DECRETO-LEI n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro Sumário: 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.

DECRETO-LEI N.º 15/2022, de 14 de janeiro. Estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, transpondo a Diretiva (UE) 2019/944 e a Diretiva (UE) 2018/2001.

DECRETO-LEI n.º 162/2019 de 25 de outubro Sumário: Aprova o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, transpondo parcialmente a Diretiva 2018/2001

DECRETO-LEI n.º 78/2006, SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.

DECRETO-LEI n.º 79/2006, RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, que revogou o Decreto-Lei nº 118/98 de 7 de maio.

DECRETO-LEI n.º 80/2006, RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, que revogou o D.L. 40/90 de 6 de fevereiro.

DECRETO-LEI nº 114/2021 de 15 de dezembro, procede à alteração ao Fundo Ambiental e à orgânica da Secretária-geral do Ministério do Ambiente.

DECRETO-LEI nº 118/98 de 7 de maio. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios-RSECE.

DESPACHO n.º 15793-J/2013 Nos termos e para efeitos do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

DESPACHO n.º 6476-A/2021, determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro de 1 de julho.

DESPACHO n.º 6476-E/2021 Sumário: Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios.

DESPACHO n.º 6476-E/2021 Sumário: Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios.

DGEG (2021) - Direção Geral de Energia e Geologia. Balanço Energético Nacional. Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/media/kmoblfag/dgeg-ben-2021.pdf> . Acessado em 20/02/2023.

DGEG (2022) - Direção Geral de Energia e Geologia. Energia em Números. Edição 2022. Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/media/zuffmfm4/dgeg-aen-2022e.pdf> . Acessado em 19/02/2023.

DGEG- Direção Geral de Energia e Geologia. Estatística Energias Renováveis. Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/renovaveis/> . Acessado em 19/03/2023

DGEG. Direção Geral de Energia e Geologia. Pobreza Energética Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/politicas-de-protecao-ao-consumidor-de-energia/pobreza-energetica/>

DIAS, J.F.R. (2015) Integração de Energias Renováveis num modelo de Edifício de Balanço Energético Quase Zero ( NZEB ). Universidade Nova de Lisboa.

DIRETIVA 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

EEA (2022) - AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE Relatório de Fontes de Energia Renovável. Disponível em <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/intro> . Acessado em 28/01/2023

FERNANDES, S. (2015). Contributos para a caracterização energética de edifícios habitacionais do concelho de Bragança. Trabalho profissional no âmbito das Provas para a atribuição do título de especialista em Engenharia Civil

FORTIN, M.-F. (2009). Fundamentos e etapas do processo de investigação. Loures: Lusodidacta.

FREITAS, S. (2008). Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos. Relatório de Projeto de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança

GOMES, F. (2019) - Análise Energética de um Edifício Público com utilização de bomba de calor geotérmica. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

GONZÁLEZ-EGUINO, M. Energy poverty: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, vol. 47, issue C, 377-385

GUIMARÃES, B. (2016) Análise da viabilidade económica da instalação de um sistema de autoconsumo fotovoltaico numa habitação. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

HAGUETTE, T. Metodologias qualitativas na Sociologia. 5ª edição. Petrópolis: Vozes, 1997.

ICESD (2020) - Inquérito ao Consumidor de Energia no Setor Doméstico. Disponível em [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdestbou=512530049&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdestbou=512530049&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt) Acessado em 19/02/2023

IEA (2023) - Agencia Internacional de Energia. Disponível em <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine> . Acessado em 12/03/2023

J. BATISTA (2019) Dimensionamento de sistemas Fotovoltaico para ligar a redes, Instituto Politécnico de Bragança.

JESUS, F. (2020). Os melhores painéis fotovoltaicos- Portal Energia - Tudo sobre energias renováveis. 2020. Acessado a: 19/04/2023. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/os-melhores-paineis-fotovoltaicos-2020/>

LAVANDOSKI, C. (2019). Caracterização energética de edifícios habitacionais de terras de Trás-os-Montes do período de 1980 a 2010. Relatório Final de Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção. Instituto Politécnico de Bragança.

LEÃO, F. (2019) A Incorporação da Tecnologia Fotovoltaica em Edifícios de Habitação. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança. Engenharia da Construção.

LOJALUZ - Loja luz. Como calcular o consumo médio: simulador do consumo de energia em kWh. Disponível em <https://lojaluz.com/faq/poupar-luz/consumo-medio> . Acessado em 18/04/2023

MENDES, J. (2021) -Aplicação do conceito NZEB a uma habitação e a sua importância num sistema AVAC. Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Millennium BCP (2023) – Crédito Habitação Verde. Disponível em <https://ind.millenniumbcp.pt/pt/campaign/Pages/credito-habitacao-verde.aspx> Acessado em 15/09/2023

MONTEIRO, J. (2014). Produção Fotovoltaica: Legislação, tarifas, tecnologia necessária e viabilidade económica para a produção numa perspectiva de chave na mão. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

PAULA, L. H. (2021) Impacto de soluções passivas e ativas no desempenho energético de um edifício NZEB no norte de Portugal. 2021 Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança. Engenharia da Construção.

PORTAL ENERGIA. ENERGIA SOLAR TÉRMICA – Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação. Consultado: 03/04/2023. Disponível em <https://www.portalenergia.com/manual-e-guia-tecnico-de-projecto-e-instalacao-da-energia-solar-termica/>

PORTARIA n.º 138-I/2021 de 1 de julho, regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas.

PORTARIA N.º 14/2015, de 23 de janeiro. Define o procedimento para apresentação de mera comunicação prévia de exploração das unidades de produção para autoconsumo, bem como para obtenção de um título de controlo prévio no âmbito da produção para autoconsumo ou da pequena produção para injeção total na rede elétrica de serviço público da energia elétrica produzida, e determina o montante das taxas previstas no Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro.

PORTARIA N.º 15/2015, de 23 de janeiro. Procede à fixação da tarifa de referência aplicável à energia elétrica produzida através de unidades de pequena produção, nos termos do Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, e determina as percentagens a aplicar à tarifa de referência, consoante a energia primária utilizada por aquelas unidades.

PORTARIA n.º 310/2021- Fixa o valor médio de construção por metro quadrado, para efeitos do artigo 39.º do Código do Imposto Municipal sobre Imóveis, a vigorar no ano de 2022

PORTARIA n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02 - Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

PORTARIA N.º 98/2019, de 2 de abril. Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados do SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

PORTDATA. Estatísticas d sobre Portugal e Europa. Dados Estatísticos e Publicações. Acessado em 4/03/2023.

PYE, S., DOBBINS, A., BAFFERT, C., DEAN, P. Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: analysis of policies and measures. INSIGHT\_E, Technical Report. May 2015.

RAMALHO, E. C., MADUREIRA, P., LOURENÇO, C., FRANCÉS, A., JOYCE, A., SILVA, L. D., & SILVA, L. (2014). A plataforma portuguesa de geotermia superficial e o seu papel na dinamização do mercado da geotermia em Portugal. In Comunicação apresentada em 2º Congresso de Geologia dos Países de Língua Portuguesa, em Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

REIS, P. Energia Eólica- Como funciona e principais vantagens e desvantagens. Disponível em <https://www.portal-energia.com/energia-eolica/> Acessado em 03/04/2023.

REIS, P. O que é a energia da Biomassa? Tudo sobre Biomassa. Portal Energias Renováveis. Disponível em <https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/> Acessado em 07/02/2023.

REIS, P.(2015). Qual o tempo de vida útil real dos painéis solares fotovoltaicos- Portal Energia - Tudo sobre energias renováveis. Acessado em 25/04/2023. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/qual-o-tempo-de-vida-util-real-de-um-painel-solar/>

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS N.º 8-A/2021- Aprova a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios.

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 53/2020- Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2023 (PNEC 2030).

RODRIGUES, D. (2019) - Projeto de sistema de alimentação elétrica de habitação isolada com autoprodução e armazenamento de energia elétrica e carregamento de veículo elétrico. Mestrado em Engenharia Eletromecânica. Instituto superior de engenharia de Coimbra

ROTEIRO PARA A NEUTRALIDADE CARBÓNICA 2050 (RNC2050) estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa em 2050

SANTOS L, LIMA G. (2022) Dimensionamento prático de um sistema fotovoltaico – estudo de caso utilizando o software PVsyst. Acessado: 19/04/2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/45428/pdf>

SOLANI, P. (2008). Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais. Lisboa: Deco;

SOUSA, E. C. (2014). Aplicabilidade de sistemas de ventilação com permutador de calor ar-solo no clima português. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

TRIGUEIROS (2022) - Produção de Eletricidade a partir de Sistemas Solares Fotovoltaicos. Relatório de Estágio Curricular para Atribuição de Grau de Mestre em Energia Renováveis e Eficiência Energética. Instituto Politécnico de Bragança

VAZ, J. (2017) - Dimensionamento de um sistema fotovoltaico caso de estudo edifício Azevedo Gomes. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidad de Lisboa

WORLD BUSINESS COUNCIL ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. (2009) Annual Report. Disponível em <https://www.wbcsd.org/Programs/Climate-and-Energy/Climate/Natural-Climate-Solutions> . Acessado a 19/03/2023

## **ANEXOS**

## **Guião das entrevistas**

### **Sistemas técnicos de climatização e preparação de AQS e sistemas emissores**

1- Quais eram os sistemas de climatização e preparação das AQS mais utilizados em edifícios de habitação, até a data de 1 de julho de 2021:

- Sistemas técnicos usando energia não renovável

Esquentadores a gás natural

Caldeiras a gás natural

Caldeiras a outros combustíveis fósseis (como gasóleo)

- Sistemas técnicos usando energia renovável

Salamandras a biomassa

Recuperador de calor

Caldeiras a biomassa

Bomba de calor geotérmicas

Bomba de calor ar-água

Coletores solares térmicos

Ar condicionado

Sistemas eólicos

Sistemas Fotovoltaicos

Outros, quais?

2- Relativamente aos sistemas emissores de aquecimento e arrefecimento do ar interior em edifícios de habitação, quais eram os mais utilizados, até a data de 1 de julho de 2021?

Radiadores comuns a água de alta temperatura

Radiadores elétricos

Ventiloconvectores

Piso radiante elétrico

Piso radiante hidráulico

Outros, quais?

3- Quais são os sistemas de climatização e preparação das AQS mais utilizados em edifícios de habitação após a alteração da legislação que entrou em vigor dia 1 de julho de 2021:

- Sistemas técnicos usando energia não renovável

Esquentadores a gás natural

Caldeiras a gás natural

Caldeiras a outros combustíveis fósseis (como gasóleo)

- Sistemas técnicos usando energia renovável

Salamandras a biomassa

Recuperador de calor

Caldeiras a biomassa

Bomba de calor geotérmicas

Bomba de calor ar-água

Coletores solares térmicos

Ar condicionado

Sistemas eólicos

Sistemas Fotovoltaicos

Outros, quais?

4 - Relativamente aos sistemas emissores de aquecimento e arrefecimento do ar interior em edifícios de habitação, quais são mais utilizados, após a alteração da legislação que entrou em vigor dia 1 de julho de 2021:

Radiadores comuns a água de alta temperatura

Radiadores elétricos

Ventiloconvectores

Piso radiante elétrico.

Piso radiante hidráulico.

Outros, quais?

### **Piso radiante**

5- Relativamente ao piso radiante, uma solução que começou a ser implementada no mercado nos últimos anos, quais as vantagens deste tipo de sistema emissor relativamente a outros sistemas?

Guia de resposta: (vida útil do sistema emissor, mão de obra capacitada para a sua instalação, custo de manutenção, eficiência para o aquecimento e arrefecimento, manutenção da temperatura no interior da habitação, custo comparativo outros sistemas)

(aberta)

6- Ainda relativamente ao piso radiante, quais as desvantagens deste tipo de sistema emissor relativamente a outros sistemas?

Guia de resposta (vida útil do sistema emissor, mão de obra capacitada para a sua instalação, problemas que possam recorrer ao longo da sua vida útil de serviço, custo de investimento, custo de manutenção, custo comparativo com outros sistemas)

(aberta)

7- O piso radiante pode ser classificado como elétrico e hidráulico, o piso radiante elétrico permite apenas o aquecimento do ar interior da habitação, já o piso radiante hidráulico além de permitir o aquecimento do ar interior da habitação, permite também o seu arrefecimento quando combinado com uma bomba de calor reversível.

7.1- Qual o piso radiante mais utilizado na atualidade?

Piso radiante elétrico

Piso radiante hidráulico

7.2- Relativamente ao piso radiante hidráulico, quando este é o sistema emissor escolhido pelo cliente, é escolhido pela sua capacidade de aquecer e arrefecer o interior das habitações?

Sim

Não

7.3- Para além da combinação de piso radiante hidráulico com bombas de calor, com que outros sistemas técnicos é combinado o piso radiante na atualidade (somente para o aquecimento)?

Caldeiras a gás natural

Caldeiras a outros combustíveis fósseis (como gasóleo)

Recuperador de calor (pallets ou lenha)

Caldeiras a biomassa (pallets ou lenha)

7.4- Preço aproximado por m<sup>2</sup> do piso radiante hidráulico? (Fornecimento e instalação)

### **Ventiloconvectores**

8- Os ventiloconvectores são sistemas de emissão, que tal como o piso radiante permite o aquecimento e arrefecimento do ar interior dos edifícios.

8.1- Relativamente aos ventiloconvectores, uma solução que começou a ser implementada no mercado nos últimos anos, quais as vantagens deste tipo de sistema emissor relativamente a outros sistemas?

Guia de resposta: (vida útil do sistema emissor, mão de obra capacitada para a sua instalação, custo de manutenção, eficiência para o aquecimento e arrefecimento, manutenção da temperatura no interior da habitação, custo comparativo outros sistemas)  
(aberta)

8.2- Ainda relativamente aos ventiloconvectores, quais as desvantagens deste tipo de sistema emissor relativamente a outros sistemas?

Guia de resposta (vida útil do sistema emissor, mão de obra capacitada para a sua instalação, problemas que possam recorrer ao longo da sua vida útil de serviço, custo de investimento, custo de manutenção, custo comparativo com outros sistemas).

8.3- Relativamente aos ventiloconvectores, quando este é o sistema emissor escolhido pelo cliente, é escolhido pela sua capacidade de aquecer e arrefecer o interior das habitações, o que é uma diferencial face por exemplo aos radiadores tradicionais?

Sim

Não

8.4- Para além da combinação de ventiloconvectores com bombas de calor, com que outros sistemas técnicos são combinados os ventiloconvectores (somente para o aquecimento)?

Caldeiras a gás natural

Caldeiras a outros combustíveis fósseis (como gasóleo)

Recuperador de calor (pallets ou lenha)

Caldeiras a biomassa (pallets ou lenha)

### **Bombas de calor (geotérmicas e aerotérmicas)**

9 - As bombas de calor podem utilizar a energia proveniente do solo ou do ar, sendo, respetivamente, bombas de calor geotérmicas e bombas de calor ar-água.

Tanto as bombas de calor geotérmicas quanto as bombas de calor ar-água, permitem o aquecimento e arrefecimento do ar interior da habitação (quando combinadas com sistemas emissores preparados para tal) e a preparação das AQS.

9.1 - Qual o modelo de bombas de calor mais utilizado?

Bomba de calor geotérmica.

Bomba de calor ar- água

9.2 - Quais as vantagens das bombas de calor geotérmicas?

Guia de resposta: Tempo de vida útil elevado? Requer manutenções regulares? Custo das manutenções? O solo é uma boa fonte de energia (acessível, renovável, a estabilidade da temperatura do solo é importante traduzindo-se em bons desempenhos mesmo quando a temperatura exterior é muito fria) eficiência energética do sistema? Necessitam de um sistema de apoio auxiliar?)

9.3 - Quais as desvantagens das bombas de calor geotérmicas?

Guia de resposta: custo de investimento inicial, custo de manutenções, todos os solos são uma fonte de energia renovável? A mão de obra está capacitada para a instalação de bombas de calor geotérmicas? E para a instalação das sondas verticais/ coletores horizontais no solo? Qualquer habitação pode ter uma bomba de calor geotérmica ou é necessário ter um espaço exterior para poder recolher o calor proveniente do solo? Quais os problemas que podem ocorrer durante o tempo de vida útil de serviço? Necessitam de um sistema de apoio auxiliar?)

(aberta)

9.4 - Quando utilizadas as bombas de calor geotérmicas, qual a sua principal função?

Preparação das AQS

Climatização (aquecimento e arrefecimento)

Preparação das AQS e Climatização.

9.5 - Com qual sistema emissor são utilizadas as bombas de calor geotérmicas?

Radiadores comuns a água de alta temperatura.

Ventiloconvectores

Piso radiante hidráulico

Outros, quais?

9.6 - Quais as vantagens das bombas de calor ar-água?

Guia de resposta: Tempo de vida útil elevado? Requer manutenções regulares? Custo das manutenções? eficiência energética do sistema? Adequadas para todo o tipo de climas? Funcionamento o ano inteiro ou sazonal? Necessitam de um sistema de apoio auxiliar?)

9.7 - Quais as desvantagens das bombas de calor ar-água?

Guia de resposta: custo de investimento inicial, custo de manutenções, funcionamento o ano inteiro ou sazonal? Necessitam de um sistema de apoio auxiliar? A mão de obra está capacitada para a instalação de bombas de calor ar água? Adequadas para todos os climas? Quais os problemas que podem ocorrer durante o tempo de vida útil de serviço?

9.8 - Quando utilizadas as bombas de calor ar-água, qual a sua principal função?

Preparação das AQS

Climatização (aquecimento e arrefecimento)

Preparação das AQS e Climatização

9.9 - Com qual sistema emissor são utilizadas as bombas de calor ar-água?

Radiadores comuns a água de alta temperatura

Ventiloconvectores

Piso radiante hidráulico

Outros, quais?

### **Ar condicionado**

10 - O sistema de ar condicionado funciona seguindo o mesmo princípio de uma bomba de calor, através da utilização do ar exterior para o arrefecimento e aquecimento do ambiente interior da habitação.

10.1 - O sistema de ar condicionado é mais utilizado para o aquecimento ou arrefecimento do ar interior dos edifícios de habitação?

Aquecimento

Arrefecimento

10.2 - O sistema de ar condicionado é o meio mais eficaz para manter o aquecimento de uma habitação?

Sim

Não

10.3 - Embora as bombas de calor quando combinadas com piso radiante hidráulico e ventiloconvectores já permitam o aquecimento e arrefecimento do ar interior, os sistemas de ar condicionado continuam a ser utilizados quando já existe a instalação de uma bomba de calor?

Sim

Não

10.4 - Podemos considerar o uso de uma bomba de calor com piso radiante ou ventiloconvectores tão eficaz para o arrefecimento quanto um ar condicionado?

Sim

Não

10.5 - Nos últimos anos tem se verificado um aumento de temperatura na estação do verão, esse aumento de temperatura traduziu-se numa maior utilização de ar condicionados nos edifícios de habitação?

Sim

Não

## **Biomassa**

11- Relativamente ao uso da energia Biomassa, este pode ser utilizada para o aquecimento do ar interior e preparação das AQS dos edifícios.

11.1 - Qual dos sistemas técnicos que recorrem a energia biomassa é o mais utilizado atualmente?

Salamandras

Recuperador de calor

Caldeira a Biomassa

11.2 - Qual o principal combustível utilizado nos sistemas técnicos a biomassa?

Lenha

Pellets

Briquetes

Caroços de azeitona

11.3 - Utilizando uma caldeira a biomassa ou um recuperador de calor, estes sistemas por si só tem a capacidade de garantir a preparação das AQS e o aquecimento do ar interior ou necessitam de um sistema de apoio auxiliar? Se sim, qual é mais utilizado?

Necessitam de um sistema de apoio auxiliar. Qual e mais utilizado?

Não necessitam de um sistema de apoio auxiliar

11.4 - Com qual sistema emissor são utilizados os sistemas a biomassa?

Radiadores comuns a água de alta temperatura

Ventiloconvectores

Piso radiante hidráulico

Outros, quais?

11.5 - Quais as vantagens do uso de sistemas a biomassa quando comparados com os tradicionais sistemas a energia fóssil?

Guia de resposta: custo de investimento inicial, custo de manutenções e periodicidade, quais os problemas que podem ocorrer durante o tempo de vida útil de serviço, eficácia energética.)

(Aberta)

11.6 - Quais as diferenças em termos de eficiência energética, custo de instalação, custos de manutenção e custos na fatura energética entre os sistemas a biomassa e as bombas de calor?

(Aberta)

11.7 - Qual o período em que o uso da biomassa teve uma utilização mais crescente?

11.8 - Ao longo do último (2022) ano verificou-se uma subida do preço dos pellets, esta subida de preços afetou a instalação de caldeiras a biomassa?

Sim, verificou-se uma diminuição

Não

11.9 - A manutenção deste tipo de sistemas técnicos difere de utilizarem lenha ou paletes?  
Se sim, como?

### **Energia solar**

12.1 - Os coletores solares térmicos constituam a ser utilizados na maioria dos edifícios novos?

Sim

Não

12.2 - Não sendo os coletores térmicos por si só capazes de garantir a preparação das AQS durante o ano todo e a todas as alturas do dia, qual o sistema técnico utilizado como sistema de apoio auxiliar?

#### - Sistemas técnicos que utilizam energia não renovável

Esquentadores a gás natural

Caldeiras a gás natural

Caldeiras a outros combustíveis fósseis (como gasóleo)

#### - Sistemas técnicos que utilizam energia renovável

Recuperador de calor (pallets ou lenha)

Caldeiras a biomassa (pallets ou lenha)

Bomba de calor geotérmicas

Bomba de calor ar- água

Outros, quais?

12.3 - Ainda sobre o uso da energia solar podemos recorrer a painéis fotovoltaicos para produção de eletricidade para satisfazer as necessidades energéticas dos edifícios.

12.3.1 - São mais utilizados os painéis solares fotovoltaicos ou os coletores solares térmicos nos edifícios de habitação?

Painéis solares fotovoltaicos

Coletores solares térmicos

12.3.2 - São utilizados sistemas técnicos como bombas de calor, ar condicionados ou outros sistemas que recorram a energia elétrica para o seu funcionamento conjuntamente com os painéis fotovoltaicos, de modo que, pelo menos parte da energia elétrica necessária para o seu funcionamento seja suprida pela energia elétrica gerada pelo painel fotovoltaico?

Sim

Não

12.3.3 - As baterias de armazenamento de energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos trazem como vantagem a possibilidade de armazenamento do excedente fotovoltaico, no entanto uma das suas principais desvantagens ainda é o seu elevado custo de instalação. É mais comum a utilização de painéis fotovoltaicos com ou sem baterias?

Painéis fotovoltaicos com bateria

Painéis fotovoltaicos sem bateria

### **Sistemas eólicos (microaerogeradores)**

13 - Relativamente aos sistemas técnicos que usam o vento como fonte de energia renovável, são utilizados no mercado da climatização? Se sim, quais?

Sim. Quais?

Não

13.1- Estes tipos de sistemas ainda têm que ser desenvolvidos com a finalidade de se poder utilizar num edifício de habitação de forma tão 'simples' e eficaz quanto os sistemas de climatização mencionados atrás?

Sim

Não

## **Programas de financiamento- Fundo ambiental**

14.1- É necessária a empresa estar inscrita no fundo ambiental para o cliente se poder candidatar ao financiamento, a empresa em questão esta inscrita?

Sim

Não

14.2- Quais são os sistemas de climatização e preparação das AQS envolvidos no programa de financiamento?

14.3- É muito solicitado pelos clientes o apoio deste fundo para a instalação de equipamentos de climatização e preparação das AQS recorrendo a fontes de energia renovável?

Sim

Não

# ANALISE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES SEM A INCORPORAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

## Comparação da solução 1 com a solução 3:

Tabela 1- Analise económica da solução 1 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 1 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	3 420.59 €	3 420.59 €	3 420.59 €
<b>1</b>	2 733.38 €	2 554.56 €	5 975.15 €
<b>2</b>	2 786.66 €	2 433.97 €	8 409.12 €
<b>3</b>	2 841.00 €	2 319.10 €	10 728.22 €
<b>4</b>	2 896.43 €	2 209.67 €	12 937.90 €
<b>5</b>	2 952.97 €	2 105.43 €	15 043.32 €
<b>6</b>	3 010.64 €	2 006.12 €	17 049.44 €
<b>7</b>	3 069.46 €	1 911.51 €	18 960.94 €
<b>8</b>	3 129.46 €	1 821.37 €	20 782.32 €
<b>9</b>	3 190.66 €	1 735.51 €	22 517.83 €
<b>10</b>	3 253.08 €	1 653.70 €	24 171.53 €
<b>11</b>	3 316.76 €	1 575.77 €	25 747.30 €
<b>12</b>	3 381.70 €	1 501.52 €	27 248.81 €
<b>13</b>	3 447.94 €	1 430.77 €	28 679.59 €
<b>14</b>	3 515.51 €	1 363.38 €	30 042.96 €
<b>15</b>	3 584.43 €	1 299.16 €	31 342.13 €
<b>16</b>	3 654.73 €	1 237.98 €	32 580.11 €
<b>17</b>	3 726.44 €	1 179.69 €	33 759.81 €
<b>18</b>	3 799.58 €	1 124.16 €	34 883.96 €
<b>19</b>	3 874.18 €	1 071.24 €	35 955.21 €
<b>20</b>	3 950.27 €	1 020.83 €	36 976.03 €

Tabela 2- Resultados da análise económica da solução 1 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 1 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	36 976.03 €
<b>TIR %</b>	-
<b>PAYBACK (anos)</b>	0 anos

## Comparação da solução 2 com a solução 3:

Tabela 3-Análise económica da solução 2 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 2 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	660.59 €	660.59 €	660.59 €
<b>1</b>	2 750.58 €	2 570.63 €	3 231.22 €
<b>2</b>	2 810.14 €	2 454.48 €	5 685.70 €
<b>3</b>	2 870.89 €	2 343.50 €	8 029.20 €
<b>4</b>	2 932.85 €	2 237.46 €	10 266.66 €
<b>5</b>	2 996.05 €	2 136.14 €	12 402.80 €
<b>6</b>	3 060.52 €	2 039.35 €	14 442.16 €
<b>7</b>	3 126.28 €	1 946.89 €	16 389.05 €
<b>8</b>	3 193.35 €	1 858.56 €	18 247.61 €
<b>9</b>	3 261.77 €	1 774.18 €	20 021.79 €
<b>10</b>	3 331.55 €	1 693.59 €	21 715.38 €
<b>11</b>	3 402.73 €	1 616.61 €	23 331.99 €
<b>12</b>	3 475.33 €	1 543.09 €	24 875.08 €
<b>13</b>	3 549.38 €	1 472.87 €	26 347.95 €
<b>14</b>	3 624.92 €	1 405.80 €	27 753.75 €
<b>15</b>	3 701.96 €	1 341.76 €	29 095.51 €
<b>16</b>	3 780.55 €	1 280.60 €	30 376.11 €
<b>17</b>	3 860.71 €	1 222.20 €	31 598.32 €
<b>18</b>	3 942.47 €	1 166.43 €	32 764.75 €
<b>19</b>	4 025.86 €	1 113.18 €	33 877.93 €
<b>20</b>	4 110.93 €	1 062.34 €	34 940.28 €

Tabela 4-Resultados da análise económica da solução 2 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 2 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	34 940.28 €
<b>TIR %</b>	-
<b>PAYBACK (anos)</b>	0 anos

## Comparação da solução 4 com a solução 3:

Tabela 5-Análise económica da solução 4 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 4 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	-2 760.00 €	- 2 760.00 €	- 2 760.00 €
<b>1</b>	179.78 €	168.02 €	- 2 591.98 €
<b>2</b>	189.32 €	165.36 €	- 2 426.62 €
<b>3</b>	199.04 €	162.47 €	- 2 264.15 €
<b>4</b>	208.96 €	159.41 €	- 2 104.74 €
<b>5</b>	219.07 €	156.20 €	- 1 948.54 €
<b>6</b>	229.39 €	152.85 €	- 1 795.69 €
<b>7</b>	239.91 €	149.41 €	- 1 646.28 €
<b>8</b>	250.65 €	145.88 €	- 1 500.40 €
<b>9</b>	261.60 €	142.29 €	- 1 358.11 €
<b>10</b>	272.77 €	138.66 €	- 1 219.45 €
<b>11</b>	284.16 €	135.00 €	- 1 084.45 €
<b>12</b>	295.78 €	131.33 €	- 953.12 €
<b>13</b>	307.63 €	127.66 €	- 825.46 €
<b>14</b>	319.72 €	123.99 €	- 701.47 €
<b>15</b>	332.05 €	120.35 €	- 581.12 €
<b>16</b>	344.63 €	116.74 €	- 464.38 €
<b>17</b>	357.46 €	113.16 €	- 351.22 €
<b>18</b>	370.54 €	109.63 €	- 241.59 €
<b>19</b>	383.89 €	106.15 €	- 135.44 €
<b>20</b>	397.51 €	102.72 €	- 32.72 €

Tabela 6-Resultados da análise económica da solução 4 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 4 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	- 32.72 €
<b>TIR %</b>	7%
<b>PAYBACK (anos)</b>	>20

## Comparação da solução 5 com a solução 3:

Tabela 7-Análise económica da solução 5 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 5 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	- 5 369.41 €	- 5 369.41 €	- 5 369.41 €
<b>1</b>	1 092.68 €	1 021.19 €	- 4 348.22 €
<b>2</b>	1 120.36 €	978.57 €	- 3 369.65 €
<b>3</b>	1 148.60 €	937.60 €	- 2 432.04 €
<b>4</b>	1 177.41 €	898.24 €	- 1 533.80 €
<b>5</b>	1 206.79 €	860.43 €	- 673.38 €
<b>6</b>	1 236.76 €	824.11 €	150.73 €
<b>7</b>	1 267.33 €	789.23 €	939.96 €
<b>8</b>	1 298.51 €	755.74 €	1 695.70 €
<b>9</b>	1 330.31 €	723.60 €	2 419.30 €
<b>10</b>	1 362.75 €	692.75 €	3 112.06 €
<b>11</b>	1 395.84 €	663.15 €	3 775.21 €
<b>12</b>	1 429.59 €	634.75 €	4 409.97 €
<b>13</b>	1 464.01 €	607.51 €	5 017.48 €
<b>14</b>	1 499.13 €	581.39 €	5 598.87 €
<b>15</b>	1 534.94 €	556.33 €	6 155.20 €
<b>16</b>	1 571.48 €	532.31 €	6 687.52 €
<b>17</b>	1 608.74 €	509.29 €	7 196.80 €
<b>18</b>	1 646.75 €	487.21 €	7 684.01 €
<b>19</b>	1 685.52 €	466.06 €	8 150.07 €
<b>20</b>	1 725.06 €	445.79 €	8 595.86 €

Tabela 8-Resultados da análise económica da solução 5 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 5 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	8 595.86 €
<b>TIR %</b>	22%
<b>PAYBACK (anos)</b>	5.82

## Comparação da solução 6 com a solução 3:

Tabela 9-Análise económica da solução 6 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 6 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	- 2 858.41 €	- 2 858.41 €	- 2 858.41 €
<b>1</b>	2 980.92 €	2 785.91 €	- 72.50 €
<b>2</b>	3 041.98 €	2 656.98 €	2 584.48 €
<b>3</b>	3 104.25 €	2 533.99 €	5 118.48 €
<b>4</b>	3 167.77 €	2 416.68 €	7 535.15 €
<b>5</b>	3 232.56 €	2 304.77 €	9 839.92 €
<b>6</b>	3 298.65 €	2 198.03 €	12 037.95 €
<b>7</b>	3 366.05 €	2 096.21 €	14 134.16 €
<b>8</b>	3 434.81 €	1 999.09 €	16 133.25 €
<b>9</b>	3 504.94 €	1 906.45 €	18 039.71 €
<b>10</b>	3 576.47 €	1 818.10 €	19 857.80 €
<b>11</b>	3 649.44 €	1 733.82 €	21 591.62 €
<b>12</b>	3 723.86 €	1 653.44 €	23 245.06 €
<b>13</b>	3 799.77 €	1 576.77 €	24 821.83 €
<b>14</b>	3 877.20 €	1 503.65 €	26 325.48 €
<b>15</b>	3 956.18 €	1 433.90 €	27 759.38 €
<b>16</b>	4 036.74 €	1 367.38 €	29 126.76 €
<b>17</b>	4 118.91 €	1 303.94 €	30 430.70 €
<b>18</b>	4 202.72 €	1 243.43 €	31 674.14 €
<b>19</b>	4 288.21 €	1 185.73 €	32 859.86 €
<b>20</b>	4 375.41 €	1 130.69 €	33 990.55 €

Tabela 10-Resultados da análise económica da solução 6 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 6 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	33 990.55 €
<b>TIR %</b>	106%
<b>PAYBACK (anos)</b>	1.03

## Comparação da solução 7 com a solução 3:

Tabela 11-Análise económica da solução 7 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 7 com a solução 3</b>			
<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Valor atual</b>	<b>Valor Líquido Acumulado</b>
<b>0</b>	- 3 818.41 €	- 3 818.41 €	- 3 818.41 €
<b>1</b>	2 980.92 €	2 785.91 €	- 1 032.50 €
<b>2</b>	3 041.98 €	2 656.98 €	1 624.48 €
<b>3</b>	3 104.25 €	2 533.99 €	4 158.48 €
<b>4</b>	3 167.77 €	2 416.68 €	6 575.15 €
<b>5</b>	3 232.56 €	2 304.77 €	8 879.92 €
<b>6</b>	3 298.65 €	2 198.03 €	11 077.95 €
<b>7</b>	3 366.05 €	2 096.21 €	13 174.16 €
<b>8</b>	3 434.81 €	1 999.09 €	15 173.25 €
<b>9</b>	3 504.94 €	1 906.45 €	17 079.71 €
<b>10</b>	3 576.47 €	1 818.10 €	18 897.80 €
<b>11</b>	3 649.44 €	1 733.82 €	20 631.62 €
<b>12</b>	3 723.86 €	1 653.44 €	22 285.06 €
<b>13</b>	3 799.77 €	1 576.77 €	23 861.83 €
<b>14</b>	3 877.20 €	1 503.65 €	25 365.48 €
<b>15</b>	3 956.18 €	1 433.90 €	26 799.38 €
<b>16</b>	4 036.74 €	1 367.38 €	28 166.76 €
<b>17</b>	4 118.91 €	1 303.94 €	29 470.70 €
<b>18</b>	4 202.72 €	1 243.43 €	30 714.14 €
<b>19</b>	4 288.21 €	1 185.73 €	31 899.86 €
<b>20</b>	4 375.41 €	1 130.69 €	33 030.55 €

Tabela 12-Resultados da análise económica da solução 7 em comparação com a solução 3.

<b>Comparação solução 7 com a solução 3</b>	
<b>VAL (€)</b>	33 030.55 €
<b>TIR %</b>	80%
<b>PAYBACK (anos)</b>	1.39

# ANALISE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES COM INCORPORAÇÃO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

## Solução 1:

Tabela 13-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 1 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	Solução 1 -FV sem armazenamento de energia
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1403.90
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	928.49
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	475.42
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	140.70

Tabela 14-Analise económica da solução 1 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 1 -FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-3266.90	-3266.90	-3266.90
1	482.50	-16.33	435.67	-2831.23
2	489.68	-16.33	413.44	-2417.79
3	496.95	-16.33	392.32	-2025.47
4	504.32	-16.33	372.28	-1653.19
5	511.78	-16.33	353.24	-1299.95
6	519.34	-16.33	335.17	-964.78
7	526.99	-16.33	318.01	-646.76
8	534.75	-16.33	301.72	-345.04
9	542.60	-16.33	286.25	-58.79
10	550.55	-16.33	271.57	212.78
11	558.61	-32.67	249.87	462.65
12	566.77	-32.67	237.15	699.80
13	575.03	-32.67	225.06	924.86
14	583.39	-32.67	213.58	1138.44
15	591.86	-32.67	202.68	1341.11
16	600.43	-32.67	192.32	1533.44
17	609.11	-32.67	182.49	1715.92
18	617.90	-32.67	173.15	1889.07
19	626.80	-32.67	164.28	2053.35
20	635.80	-32.67	155.86	2209.22

Tabela 15-Analise económica da solução 1 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 1 -FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-3700.79	-3700.79	-3700.79
1	625.30	-18.50	567.10	-3133.69
2	634.60	-18.50	538.12	-2595.57
3	644.02	-18.50	510.61	-2084.96
4	653.57	-18.50	484.49	-1600.48
5	663.24	-18.50	459.69	-1140.79
6	673.03	-18.50	436.14	-704.65
7	682.96	-18.50	413.79	-290.86
8	693.00	-18.50	392.57	101.70
9	703.18	-18.50	372.42	474.12
10	713.49	-18.50	353.30	827.42
11	723.93	-37.01	326.35	1153.77
12	734.50	-37.01	309.70	1463.47
13	745.21	-37.01	293.88	1757.35
14	756.05	-37.01	278.86	2036.20
15	767.02	-37.01	264.59	2300.79
16	778.13	-37.01	251.04	2551.84
17	789.38	-37.01	238.18	2790.02
18	800.77	-37.01	225.97	3015.99
19	812.30	-37.01	214.37	3230.36
20	823.97	-37.01	203.37	3433.73

Tabela 16-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 1 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 1- FV com armazenamento de energia</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1403.90
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	431.24
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	972.67
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	151.55

Tabela 17-Análise económica da solução 1 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 1 -FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-12421.70	-12421.70	-12421.70
<b>1</b>	987.16	-62.11	864.53	-11557.17
<b>2</b>	1001.84	-62.11	820.80	-10736.37
<b>3</b>	1016.72	-62.11	779.25	-9957.12
<b>4</b>	1031.79	-62.11	739.76	-9217.36
<b>5</b>	1047.05	-62.11	702.25	-8515.11
<b>6</b>	1062.52	-62.11	666.62	-7848.49
<b>7</b>	1078.18	-62.11	632.76	-7215.73
<b>8</b>	1094.05	-62.11	600.60	-6615.13
<b>9</b>	1110.12	-62.11	570.05	-6045.09
<b>10</b>	1126.39	-62.11	541.03	-5504.06
<b>11</b>	1142.87	-124.22	483.96	-5020.11
<b>12</b>	1159.56	-124.22	459.70	-4560.40
<b>13</b>	1176.46	-124.22	436.64	-4123.76
<b>14</b>	1193.57	-124.22	414.71	-3709.04
<b>15</b>	1210.90	-124.22	393.86	-3315.18
<b>16</b>	1228.44	-124.22	374.04	-2941.14
<b>17</b>	1246.20	-124.22	355.19	-2585.95
<b>18</b>	1264.18	-124.22	337.27	-2248.68
<b>19</b>	1282.38	-124.22	320.24	-1928.44
<b>20</b>	1300.80	-124.22	304.05	-1624.38

Tabela 18-Análise económica da solução 1 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 1- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-12855.59	-12855.59	-12855.59
1	1140.97	-64.28	1006.25	-11849.34
2	1157.94	-64.28	955.24	-10894.09
3	1175.13	-64.28	906.79	-9987.31
4	1192.55	-64.28	860.75	-9126.55
5	1210.19	-64.28	817.02	-8309.53
6	1228.07	-64.28	775.48	-7534.05
7	1246.17	-64.28	736.02	-6798.03
8	1264.51	-64.28	698.55	-6099.48
9	1283.08	-64.28	662.95	-5436.53
10	1301.89	-64.28	629.14	-4807.39
11	1320.94	-128.56	566.49	-4240.90
12	1340.23	-128.56	538.00	-3702.90
13	1359.76	-128.56	510.91	-3191.99
14	1379.54	-128.56	485.15	-2706.84
15	1399.57	-128.56	460.67	-2246.16
16	1419.84	-128.56	437.40	-1808.76
17	1440.37	-128.56	415.29	-1393.47
18	1461.15	-128.56	394.27	-999.21
19	1482.18	-128.56	374.29	-624.92
20	1503.47	-128.56	355.30	-269.62

Tabela 19-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 1.

<b>Solução 1</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	2 209.22 €	3 574.43 €	- 1 624.38 €	- 269.62 €
<b>TIR</b>	14.40%	17.58%	5.33%	6.74%
<b>PAYBACK (anos)</b>	9.22	7.38	>20	>20

## Solução 2:

Tabela 20-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 2 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	<b>Solução 2- FV sem armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1096.02
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	720.36
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	375.66
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	134.77

Tabela 21-Análise económica da solução 2 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 2- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-2843.70	-2843.70	-2843.70
<b>1</b>	381.26	-14.22	343.03	-2500.67
<b>2</b>	386.93	-14.22	325.54	-2175.13
<b>3</b>	392.68	-14.22	308.94	-1866.19
<b>4</b>	398.50	-14.22	293.17	-1573.02
<b>5</b>	404.40	-14.22	278.19	-1294.83
<b>6</b>	410.37	-14.22	263.97	-1030.86
<b>7</b>	416.42	-14.22	250.47	-780.39
<b>8</b>	422.55	-14.22	237.65	-542.74
<b>9</b>	428.75	-14.22	225.48	-317.26
<b>10</b>	435.04	-14.22	213.92	-103.34
<b>11</b>	441.40	-28.44	196.20	92.86
<b>12</b>	447.85	-28.44	186.22	279.08
<b>13</b>	454.37	-28.44	176.75	455.83
<b>14</b>	460.98	-28.44	167.75	623.58
<b>15</b>	467.68	-28.44	159.20	782.78
<b>16</b>	474.45	-28.44	151.08	933.86
<b>17</b>	481.31	-28.44	143.37	1077.23
<b>18</b>	488.25	-28.44	136.04	1213.27
<b>19</b>	495.28	-28.44	129.09	1342.35
<b>20</b>	502.40	-28.44	122.48	1464.84

Tabela 22-Analise económica da solução 2 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 2- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-3277.59	-3277.59	-3277.59
1	518.04	-16.39	468.83	-2808.76
2	525.75	-16.39	444.89	-2363.86
3	533.55	-16.39	422.16	-1941.70
4	541.46	-16.39	400.58	-1541.12
5	549.47	-16.39	380.08	-1161.04
6	557.59	-16.39	360.62	-800.42
7	565.81	-16.39	342.15	-458.26
8	574.13	-16.39	324.61	-133.65
9	582.57	-16.39	307.96	174.31
10	591.11	-16.39	292.16	466.47
11	599.76	-32.78	269.37	735.84
12	608.51	-32.78	255.63	991.47
13	617.38	-32.78	242.59	1234.07
14	626.36	-32.78	230.20	1464.27
15	635.46	-32.78	218.44	1682.71
16	644.66	-32.78	207.27	1889.97
17	653.98	-32.78	196.66	2086.63
18	663.42	-32.78	186.58	2273.22
19	672.97	-32.78	177.02	2450.23
20	682.63	-32.78	167.94	2618.17

Tabela 23-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 2 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 2- FV com armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1096.02
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	306.49
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	789.53
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	131.25

Tabela 24. Análise económica da solução 2 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 2- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-11594.15	-11594.15	-11594.15
<b>1</b>	801.30	-57.97	694.70	-10899.45
<b>2</b>	813.22	-57.97	659.66	-10239.79
<b>3</b>	825.29	-57.97	626.36	-9613.43
<b>4</b>	837.52	-57.97	594.72	-9018.71
<b>5</b>	849.92	-57.97	564.65	-8454.07
<b>6</b>	862.47	-57.97	536.07	-7918.00
<b>7</b>	875.18	-57.97	508.92	-7409.08
<b>8</b>	888.06	-57.97	483.12	-6925.96
<b>9</b>	901.10	-57.97	458.61	-6467.35
<b>10</b>	914.31	-57.97	435.32	-6032.03
<b>11</b>	927.69	-115.94	385.66	-5646.37
<b>12</b>	941.24	-115.94	366.44	-5279.93
<b>13</b>	954.96	-115.94	348.16	-4931.77
<b>14</b>	968.85	-115.94	330.77	-4601.00
<b>15</b>	982.91	-115.94	314.23	-4286.77
<b>16</b>	997.15	-115.94	298.50	-3988.27
<b>17</b>	1011.57	-115.94	283.53	-3704.74
<b>18</b>	1026.16	-115.94	269.30	-3435.44
<b>19</b>	1040.93	-115.94	255.77	-3179.67
<b>20</b>	1055.88	-115.94	242.90	-2936.77

Tabela 25-Analise económica da solução 2 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 2- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-12028.04	-12028.04	-12028.04
1	934.50	-60.14	817.16	-11210.88
2	948.40	-60.14	775.84	-10435.04
3	962.48	-60.14	736.58	-9698.45
4	976.75	-60.14	699.28	-8999.18
5	991.20	-60.14	663.84	-8335.34
6	1005.84	-60.14	630.16	-7705.18
7	1020.67	-60.14	598.17	-7107.01
8	1035.69	-60.14	567.78	-6539.23
9	1050.90	-60.14	538.91	-6000.32
10	1066.31	-60.14	511.48	-5488.84
11	1081.91	-120.28	456.86	-5031.97
12	1097.71	-120.28	433.99	-4597.98
13	1113.71	-120.28	412.24	-4185.75
14	1129.91	-120.28	391.55	-3794.20
15	1146.31	-120.28	371.88	-3422.32
16	1162.91	-120.28	353.18	-3069.14
17	1179.73	-120.28	335.39	-2733.75
18	1196.75	-120.28	318.49	-2415.26
19	1213.97	-120.28	302.42	-2112.85
20	1231.41	-120.28	287.14	-1825.71

Tabela 26-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 2.

<b>Solução 2</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	1 464.84 €	2 618.17 €	- 2 936.77 €	- 1 825.71 €
<b>TIR</b>	12.76%	15.61%	3.64%	5.05%
<b>PAYBACK (anos)</b>	10.53	8.43	>20	>20

### Solução 3:

Tabela 27-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 3 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	<b>Solução 3- FV sem armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	657.82
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	405.01
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	252.81
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	139.25

Tabela 28-Analise económica da solução 3 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 3- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-2477.81	-2477.81	-2477.81
<b>1</b>	256.58	-12.39	228.21	-2249.60
<b>2</b>	260.39	-12.39	216.61	-2032.98
<b>3</b>	264.26	-12.39	205.60	-1827.38
<b>4</b>	268.17	-12.39	195.14	-1632.25
<b>5</b>	272.14	-12.39	185.20	-1447.05
<b>6</b>	276.16	-12.39	175.76	-1271.28
<b>7</b>	280.23	-12.39	166.80	-1104.48
<b>8</b>	284.36	-12.39	158.29	-946.20
<b>9</b>	288.53	-12.39	150.20	-795.99
<b>10</b>	292.76	-12.39	142.53	-653.46
<b>11</b>	297.05	-24.78	129.35	-524.11
<b>12</b>	301.38	-24.78	122.82	-401.29
<b>13</b>	305.78	-24.78	116.60	-284.69
<b>14</b>	310.22	-24.78	110.70	-173.99
<b>15</b>	314.73	-24.78	105.09	-68.90
<b>16</b>	319.29	-24.78	99.76	30.86
<b>17</b>	323.90	-24.78	94.70	125.56
<b>18</b>	328.58	-24.78	89.88	215.44
<b>19</b>	333.31	-24.78	85.31	300.75
<b>20</b>	338.09	-24.78	80.97	381.72

Tabela 29-Analise económica da solução 3 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 3- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-2911.70	-2911.70	-2911.70
1	397.90	-14.56	358.26	-2553.44
2	403.82	-14.56	340.00	-2213.44
3	409.82	-14.56	322.65	-1890.79
4	415.89	-14.56	306.17	-1584.62
5	422.04	-14.56	290.53	-1294.09
6	428.28	-14.56	275.68	-1018.41
7	434.59	-14.56	261.57	-756.84
8	440.99	-14.56	248.18	-508.65
9	447.46	-14.56	235.47	-273.18
10	454.02	-14.56	223.40	-49.78
11	460.67	-29.12	205.03	155.25
12	467.39	-29.12	194.60	349.85
13	474.20	-29.12	184.70	534.54
14	481.10	-29.12	175.29	709.83
15	488.09	-29.12	166.35	876.18
16	495.16	-29.12	157.86	1034.04
17	502.31	-29.12	149.80	1183.85
18	509.56	-29.12	142.15	1325.99
19	516.90	-29.12	134.88	1460.87
20	524.32	-29.12	127.97	1588.84

Tabela 30-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 3 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 3- FV com armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	657.82
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	57.53
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	600.29
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	45.91

Tabela 31-Analise económica da solução 3 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 3- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-8646.78	-8646.78	-8646.78
<b>1</b>	609.23	-43.23	528.97	-8117.81
<b>2</b>	618.30	-43.23	502.28	-7615.52
<b>3</b>	627.48	-43.23	476.92	-7138.61
<b>4</b>	636.78	-43.23	452.81	-6685.80
<b>5</b>	646.20	-43.23	429.91	-6255.89
<b>6</b>	655.74	-43.23	408.14	-5847.75
<b>7</b>	665.41	-43.23	387.46	-5460.29
<b>8</b>	675.20	-43.23	367.81	-5092.48
<b>9</b>	685.12	-43.23	349.14	-4743.33
<b>10</b>	695.16	-43.23	331.41	-4411.92
<b>11</b>	705.33	-86.47	294.02	-4117.91
<b>12</b>	715.63	-86.47	279.36	-3838.55
<b>13</b>	726.06	-86.47	265.41	-3573.14
<b>14</b>	736.63	-86.47	252.14	-3321.00
<b>15</b>	747.32	-86.47	239.52	-3081.47
<b>16</b>	758.14	-86.47	227.52	-2853.95
<b>17</b>	769.10	-86.47	216.11	-2637.85
<b>18</b>	780.20	-86.47	205.25	-2432.60
<b>19</b>	791.43	-86.47	194.93	-2237.67
<b>20</b>	802.80	-86.47	185.11	-2052.55

Tabela 32-Analise económica da solução 3 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 3- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-9080.67	-9080.67	-9080.67
1	655.83	-45.40	570.49	-8510.18
2	665.59	-45.40	541.69	-7968.48
3	675.47	-45.40	514.32	-7454.16
4	685.48	-45.40	488.31	-6965.85
5	695.62	-45.40	463.60	-6502.25
6	705.90	-45.40	440.12	-6062.13
7	716.30	-45.40	417.80	-5644.33
8	726.85	-45.40	396.61	-5247.73
9	737.52	-45.40	376.47	-4871.26
10	748.33	-45.40	357.33	-4513.93
11	759.28	-90.81	317.59	-4196.34
12	770.37	-90.81	301.73	-3894.60
13	781.60	-90.81	286.65	-3607.95
14	792.97	-90.81	272.31	-3335.64
15	804.48	-90.81	258.67	-3076.97
16	816.13	-90.81	245.69	-2831.28
17	827.93	-90.81	233.35	-2597.93
18	839.87	-90.81	221.62	-2376.31
19	851.96	-90.81	210.47	-2165.84
20	864.20	-90.81	199.86	-1965.98

Tabela 33-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 3.

<b>Solução 3</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	381.72 €	1 588.84 €	- 2 052.55 €	- 1 965.98 €
<b>TIR</b>	8.83%	13.07%	3.87%	4.16%
<b>PAYBACK (anos)</b>	15.69	10.24	>20	>20

#### Solução 4:

Tabela 34-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 4 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	<b>Solução 4- FV sem armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	657.82
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	405.01
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	252.81
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	139.25

Tabela 35-Analise económica da solução 4 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 4- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-2477.81	-2477.81	-2477.81
<b>1</b>	256.58	-12.39	228.21	-2249.60
<b>2</b>	260.39	-12.39	216.61	-2032.98
<b>3</b>	264.26	-12.39	205.60	-1827.38
<b>4</b>	268.17	-12.39	195.14	-1632.25
<b>5</b>	272.14	-12.39	185.20	-1447.05
<b>6</b>	276.16	-12.39	175.76	-1271.28
<b>7</b>	280.23	-12.39	166.80	-1104.48
<b>8</b>	284.36	-12.39	158.29	-946.20
<b>9</b>	288.53	-12.39	150.20	-795.99
<b>10</b>	292.76	-12.39	142.53	-653.46
<b>11</b>	297.05	-24.78	129.35	-524.11
<b>12</b>	301.38	-24.78	122.82	-401.29
<b>13</b>	305.78	-24.78	116.60	-284.69
<b>14</b>	310.22	-24.78	110.70	-173.99
<b>15</b>	314.73	-24.78	105.09	-68.90
<b>16</b>	319.29	-24.78	99.76	30.86
<b>17</b>	323.90	-24.78	94.70	125.56
<b>18</b>	328.58	-24.78	89.88	215.44
<b>19</b>	333.31	-24.78	85.31	300.75
<b>20</b>	338.09	-24.78	80.97	381.72

Tabela 36-Análise económica da solução 4 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 4- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-2911.70	-2911.70	-2911.70
1	397.90	-14.56	358.26	-2553.44
2	403.82	-14.56	340.00	-2213.44
3	409.82	-14.56	322.65	-1890.79
4	415.89	-14.56	306.17	-1584.62
5	422.04	-14.56	290.53	-1294.09
6	428.28	-14.56	275.68	-1018.41
7	434.59	-14.56	261.57	-756.84
8	440.99	-14.56	248.18	-508.65
9	447.46	-14.56	235.47	-273.18
10	454.02	-14.56	223.40	-49.78
11	460.67	-29.12	205.03	155.25
12	467.39	-29.12	194.60	349.85
13	474.20	-29.12	184.70	534.54
14	481.10	-29.12	175.29	709.83
15	488.09	-29.12	166.35	876.18
16	495.16	-29.12	157.86	1034.04
17	502.31	-29.12	149.80	1183.85
18	509.56	-29.12	142.15	1325.99
19	516.90	-29.12	134.88	1460.87
20	524.32	-29.12	127.97	1588.84

Tabela 37-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 4 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 4- FV com armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	657.82
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	405.01
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	252.81
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	139.25

Tabela 38-Analise económica da solução 4 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 4- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-8646.78	-8646.78	-8646.78
<b>1</b>	609.23	-43.23	528.97	-8117.81
<b>2</b>	618.30	-43.23	502.28	-7615.52
<b>3</b>	627.48	-43.23	476.92	-7138.61
<b>4</b>	636.78	-43.23	452.81	-6685.80
<b>5</b>	646.20	-43.23	429.91	-6255.89
<b>6</b>	655.74	-43.23	408.14	-5847.75
<b>7</b>	665.41	-43.23	387.46	-5460.29
<b>8</b>	675.20	-43.23	367.81	-5092.48
<b>9</b>	685.12	-43.23	349.14	-4743.33
<b>10</b>	695.16	-43.23	331.41	-4411.92
<b>11</b>	705.33	-86.47	294.02	-4117.91
<b>12</b>	715.63	-86.47	279.36	-3838.55
<b>13</b>	726.06	-86.47	265.41	-3573.14
<b>14</b>	736.63	-86.47	252.14	-3321.00
<b>15</b>	747.32	-86.47	239.52	-3081.47
<b>16</b>	758.14	-86.47	227.52	-2853.95
<b>17</b>	769.10	-86.47	216.11	-2637.85
<b>18</b>	780.20	-86.47	205.25	-2432.60
<b>19</b>	791.43	-86.47	194.93	-2237.67
<b>20</b>	802.80	-86.47	185.11	-2052.55

Tabela 39-Analise económica da solução 4 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 4- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-9080.67	-9080.67	-9080.67
1	655.83	-45.40	570.49	-8510.18
2	665.59	-45.40	541.69	-7968.48
3	675.47	-45.40	514.32	-7454.16
4	685.48	-45.40	488.31	-6965.85
5	695.62	-45.40	463.60	-6502.25
6	705.90	-45.40	440.12	-6062.13
7	716.30	-45.40	417.80	-5644.33
8	726.85	-45.40	396.61	-5247.73
9	737.52	-45.40	376.47	-4871.26
10	748.33	-45.40	357.33	-4513.93
11	759.28	-90.81	317.59	-4196.34
12	770.37	-90.81	301.73	-3894.60
13	781.60	-90.81	286.65	-3607.95
14	792.97	-90.81	272.31	-3335.64
15	804.48	-90.81	258.67	-3076.97
16	816.13	-90.81	245.69	-2831.28
17	827.93	-90.81	233.35	-2597.93
18	839.87	-90.81	221.62	-2376.31
19	851.96	-90.81	210.47	-2165.84
20	864.20	-90.81	199.86	-1965.98

Tabela 40-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 4.

<b>Solução 4</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	381.72 €	1 588.84 €	- 2 052.55 €	- 1 965.98 €
<b>TIR</b>	8.83%	13.07%	3.87%	4.16%
<b>PAYBACK (anos)</b>	15.69	10.24	>20	>20

## Solução 5:

Tabela 41-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 5 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	<b>Solução 5- FV sem armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	789.96
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	488.08
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	301.88
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	118.15

Tabela 42-Analise económica da solução 5 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 5- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-2477.81	-2477.81	-2477.81
<b>1</b>	306.38	-12.39	274.76	-2203.05
<b>2</b>	310.94	-12.39	260.76	-1942.29
<b>3</b>	315.55	-12.39	247.47	-1694.82
<b>4</b>	320.23	-12.39	234.85	-1459.97
<b>5</b>	324.97	-12.39	222.86	-1237.10
<b>6</b>	329.77	-12.39	211.48	-1025.62
<b>7</b>	334.63	-12.39	200.68	-824.94
<b>8</b>	339.55	-12.39	190.41	-634.53
<b>9</b>	344.54	-12.39	180.67	-453.86
<b>10</b>	349.59	-12.39	171.42	-282.45
<b>11</b>	354.71	-24.78	156.75	-125.70
<b>12</b>	359.89	-24.78	148.79	23.09
<b>13</b>	365.13	-24.78	141.23	164.33
<b>14</b>	370.44	-24.78	134.05	298.38
<b>15</b>	375.82	-24.78	127.23	425.62
<b>16</b>	381.26	-24.78	120.75	546.37
<b>17</b>	386.78	-24.78	114.60	660.97
<b>18</b>	392.36	-24.78	108.75	769.72
<b>19</b>	398.00	-24.78	103.20	872.92
<b>20</b>	403.72	-24.78	97.93	970.85

Tabela 43-Analise económica da solução 5 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 5- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-2911.70	-2911.70	-2911.70
1	426.29	-14.56	384.80	-2526.90
2	432.63	-14.56	365.16	-2161.74
3	439.06	-14.56	346.52	-1815.22
4	445.57	-14.56	328.81	-1486.41
5	452.16	-14.56	312.00	-1174.41
6	458.84	-14.56	296.04	-878.37
7	465.60	-14.56	280.89	-597.48
8	472.45	-14.56	266.50	-330.98
9	479.39	-14.56	252.84	-78.14
10	486.42	-14.56	239.87	161.73
11	493.54	-29.12	220.64	382.37
12	500.74	-29.12	209.41	591.77
13	508.04	-29.12	198.74	790.51
14	515.43	-29.12	188.60	979.11
15	522.91	-29.12	178.97	1158.09
16	530.49	-29.12	169.83	1327.92
17	538.16	-29.12	161.15	1489.07
18	545.92	-29.12	152.90	1641.97
19	553.78	-29.12	145.07	1787.04
20	561.73	-29.12	137.64	1924.68

Tabela 44-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 5 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 5- FV com armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	789.96
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	149.60
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	640.36
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	71.40

Tabela 45-Analise económica da solução 5 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 5- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-9611.83	-9611.83	-9611.83
<b>1</b>	649.90	-48.06	562.47	-9049.36
<b>2</b>	659.57	-48.06	534.11	-8515.25
<b>3</b>	669.36	-48.06	507.17	-8008.08
<b>4</b>	679.28	-48.06	481.56	-7526.52
<b>5</b>	689.33	-48.06	457.22	-7069.31
<b>6</b>	699.51	-48.06	434.09	-6635.21
<b>7</b>	709.83	-48.06	412.11	-6223.10
<b>8</b>	720.27	-48.06	391.23	-5831.87
<b>9</b>	730.85	-48.06	371.39	-5460.47
<b>10</b>	741.56	-48.06	352.54	-5107.93
<b>11</b>	752.41	-96.12	311.80	-4796.13
<b>12</b>	763.40	-96.12	296.28	-4499.85
<b>13</b>	774.53	-96.12	281.52	-4218.33
<b>14</b>	785.79	-96.12	267.47	-3950.86
<b>15</b>	797.20	-96.12	254.10	-3696.76
<b>16</b>	808.75	-96.12	241.39	-3455.37
<b>17</b>	820.44	-96.12	229.30	-3226.07
<b>18</b>	832.28	-96.12	217.80	-3008.26
<b>19</b>	844.26	-96.12	206.87	-2801.40
<b>20</b>	856.39	-96.12	196.47	-2604.93

Tabela 46-Analise económica da solução 5 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 5- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-10045.72	-10045.72	-10045.72
1	722.36	-50.23	628.16	-9417.56
2	733.11	-50.23	596.45	-8821.10
3	743.99	-50.23	566.32	-8254.78
4	755.02	-50.23	537.68	-7717.10
5	766.19	-50.23	510.47	-7206.63
6	777.51	-50.23	484.62	-6722.01
7	788.97	-50.23	460.05	-6261.96
8	800.58	-50.23	436.71	-5825.25
9	812.34	-50.23	414.54	-5410.71
10	824.25	-50.23	393.47	-5017.24
11	836.31	-100.46	349.60	-4667.64
12	848.52	-100.46	332.15	-4335.49
13	860.89	-100.46	315.55	-4019.94
14	873.41	-100.46	299.76	-3720.17
15	886.09	-100.46	284.75	-3435.43
16	898.92	-100.46	270.47	-3164.96
17	911.92	-100.46	256.89	-2908.07
18	925.08	-100.46	243.97	-2664.09
19	938.39	-100.46	231.70	-2432.40
20	951.87	-100.46	220.02	-2212.38

Tabela 47-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 5.

<b>Solução 5</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	970.85 €	1 924.68 €	- 2 604.93 €	- 2 212.38 €
<b>TIR</b>	11.47%	14.24%	3.38%	4.11%
<b>PAYBACK (anos)</b>	11.84	9.33	>20	>20

## Solução 6 e 7:

Tabela 48-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia.

	<b>Solução 6 e 7- FV sem armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1022.81
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	664.21
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	358.59
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	124.93

Tabela 49-Analise económica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 6- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-2843.70	-2843.70	-2843.70
<b>1</b>	363.94	-14.22	326.84	-2516.86
<b>2</b>	369.35	-14.22	310.19	-2206.67
<b>3</b>	374.84	-14.22	294.37	-1912.30
<b>4</b>	380.39	-14.22	279.35	-1632.95
<b>5</b>	386.02	-14.22	265.09	-1367.86
<b>6</b>	391.72	-14.22	251.55	-1116.32
<b>7</b>	397.50	-14.22	238.69	-877.63
<b>8</b>	403.34	-14.22	226.48	-651.16
<b>9</b>	409.27	-14.22	214.88	-436.27
<b>10</b>	415.27	-14.22	203.87	-232.40
<b>11</b>	421.34	-28.44	186.67	-45.73
<b>12</b>	427.50	-28.44	177.19	131.45
<b>13</b>	433.73	-28.44	168.18	299.64
<b>14</b>	440.04	-28.44	159.63	459.26
<b>15</b>	446.42	-28.44	151.50	610.76
<b>16</b>	452.89	-28.44	143.78	754.54
<b>17</b>	459.44	-28.44	136.44	890.98
<b>18</b>	466.07	-28.44	129.48	1020.46
<b>19</b>	472.78	-28.44	122.86	1143.32
<b>20</b>	479.57	-28.44	116.58	1259.90

Tabela 50-Análise económica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico sem armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 6- FV sem armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	124.93	-3277.59	-3152.66	-3152.66
1	490.73	-16.39	443.31	-2709.35
2	498.03	-16.39	420.68	-2288.67
3	505.42	-16.39	399.20	-1889.47
4	512.91	-16.39	378.80	-1510.67
5	520.50	-16.39	359.43	-1151.25
6	528.19	-16.39	341.04	-810.21
7	535.98	-16.39	323.57	-486.64
8	543.86	-16.39	307.00	-179.64
9	551.85	-16.39	291.26	111.61
10	559.94	-16.39	276.32	387.93
11	568.13	-32.78	254.35	642.28
12	576.43	-32.78	241.39	883.66
13	584.83	-32.78	229.08	1112.75
14	593.34	-32.78	217.40	1330.14
15	601.95	-32.78	206.30	1536.44
16	610.67	-32.78	195.75	1732.19
17	619.50	-32.78	185.74	1917.94
18	628.44	-32.78	176.23	2094.17
19	637.48	-32.78	167.21	2261.38
20	646.64	-32.78	158.63	2420.01

Tabela 51-Fatura energética anual e receita de venda do excedente de produção fotovoltaica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

	<b>Solução 6 e 7- FV com armazenamento</b>
<b>Fatura de eletricidade sem FV €/ano</b>	1022.81
<b>Fatura de eletricidade com FV €/ano</b>	264.66
<b>Redução na Fatura de eletricidade €/ano</b>	758.15
<b>Receita venda eletricidade €/ano</b>	73.71

Tabela 52-Análise económica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e sem venda do excedente.

<b>Solução 6- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Sem venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
<b>0</b>	0.00	-11308.05	-11308.05	-11308.05
<b>1</b>	769.45	-56.54	666.27	-10641.78
<b>2</b>	780.89	-56.54	632.68	-10009.10
<b>3</b>	792.49	-56.54	600.75	-9408.35
<b>4</b>	804.23	-56.54	570.41	-8837.94
<b>5</b>	816.13	-56.54	541.58	-8296.36
<b>6</b>	828.19	-56.54	514.18	-7782.18
<b>7</b>	840.40	-56.54	488.15	-7294.03
<b>8</b>	852.76	-56.54	463.41	-6830.62
<b>9</b>	865.29	-56.54	439.91	-6390.72
<b>10</b>	877.97	-56.54	417.57	-5973.14
<b>11</b>	890.82	-113.08	369.50	-5603.64
<b>12</b>	903.83	-113.08	351.10	-5252.54
<b>13</b>	917.00	-113.08	333.60	-4918.94
<b>14</b>	930.34	-113.08	316.95	-4601.99
<b>15</b>	943.84	-113.08	301.11	-4300.89
<b>16</b>	957.52	-113.08	286.04	-4014.85
<b>17</b>	971.36	-113.08	271.71	-3743.14
<b>18</b>	985.37	-113.08	258.08	-3485.06
<b>19</b>	999.56	-113.08	245.12	-3239.94
<b>20</b>	1013.92	-113.08	232.79	-3007.15

Tabela 53-Análise económica da solução 6 e 7 com sistema fotovoltaico com armazenamento de energia e com venda do excedente.

<b>Solução 6- FV com armazenamento de energia</b>				
<b>Com venda do excedente de produção</b>				
<b>Ano</b>	<b>Receitas €</b>	<b>Custos €</b>	<b>Valor atual €</b>	<b>Valor atual acumulado €</b>
0	0.00	-11741.94	-11741.94	-11741.94
1	844.26	-58.71	734.16	-11007.78
2	856.81	-58.71	697.10	-10310.69
3	869.54	-58.71	661.88	-9648.81
4	882.43	-58.71	628.41	-9020.40
5	895.48	-58.71	596.61	-8423.80
6	908.71	-58.71	566.39	-7857.41
7	922.10	-58.71	537.68	-7319.73
8	935.67	-58.71	510.40	-6809.33
9	949.41	-58.71	484.48	-6324.85
10	963.33	-58.71	459.86	-5864.98
11	977.43	-117.42	408.58	-5456.40
12	991.70	-117.42	388.19	-5068.21
13	1006.16	-117.42	368.79	-4699.41
14	1020.79	-117.42	350.34	-4349.07
15	1035.61	-117.42	332.79	-4016.28
16	1050.61	-117.42	316.10	-3700.17
17	1065.80	-117.42	300.23	-3399.94
18	1081.17	-117.42	285.14	-3114.80
19	1096.74	-117.42	270.79	-2844.01
20	1112.49	-117.42	257.15	-2586.86

Tabela 54-Resultados das análises económicas dos sistemas fotovoltaicos da solução 6 e 7.

<b>Solução 6 e 7</b>				
	<b>Sem armazenamento</b>		<b>Com armazenamento</b>	
	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>	<b>Sem venda</b>	<b>Com venda</b>
<b>VAL</b>	1 259.90 €	2 420.01 €	- 3 007.15 €	- 2 586.86 €
<b>TIR</b>	12.01%	15.30%	3.46%	4.11%
<b>PAYBACK (anos)</b>	11.26	8.62	>20	>20