



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia da Energia Solar

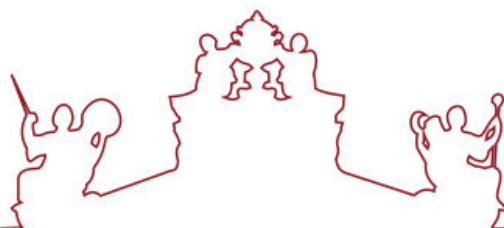
Dissertação

**Desenvolvimento de um modelo de simulação da gestão
técnica e económica de Comunidades de Energia Renovável
para a Universidade de Évora e para o Centro Humanitário
de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa**

Henrique Miguel Rato Fava Rica

Orientador(es) | Afonso Cavaco

Évora 2025



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia da Energia Solar

Dissertação

Desenvolvimento de um modelo de simulação da gestão técnica e económica de Comunidades de Energia Renovável para a Universidade de Évora e para o Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa

Henrique Miguel Rato Fava Rica

Orientador(es) | Afonso Cavaco

Évora 2025



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Paulo Canhoto (Universidade de Évora)

Vogais | Afonso Cavaco (Universidade de Évora) (Orientador)
Rodrigo Amaro e Silva (Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências)
(Arguente)

Resumo

As Comunidades de Energia Renovável (CER) possibilitam a organização coletiva de consumidores e produtores em proximidade física, permitindo o autoconsumo ou a criação de uma entidade jurídica, como uma cooperativa. Ambas as abordagens oferecem benefícios económicos, sociais e ambientais.

Introduzidas pela Diretiva RED II e transpostas para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 162/2019, atualizado pelo Regulamento 2/2023, as CER promovem a produção descentralizada de eletricidade renovável, alinhando-se com o Plano Nacional de Energia e Clima 2030.

Esta dissertação analisa duas CER: uma na Universidade de Évora e outra no Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa. Para esse fim, desenvolveu-se um modelo de simulação energética e económica, com o objetivo de otimizar o autoconsumo e reduzir os custos com eletricidade.

Na Universidade de Évora, onde as restrições do centro histórico impedem a instalação de painéis fotovoltaicos, as 6 instalações fotovoltaicas, com uma potência total instalada de 601,38 kWp, a funcionar num regime de autoconsumo coletivo permitirão reduzir o consumo anual em 801 MWh, com uma taxa de autoconsumo global de cerca de 94%, resultando numa poupança de 362 304,30€, o que representa uma redução de 22,22% nos custos de eletricidade. No Centro Humanitário, um sistema fotovoltaico de 30 kWp prevê uma produção anual de 42 MWh, com uma taxa de autoconsumo de 38,09%, contribuindo para a redução de custos e emissões de CO₂. Essas iniciativas evidenciam o papel fundamental das CER na transição energética, bem como os seus benefícios económicos e ambientais.

Palavras-chave: Comunidades de Energia Renovável; Fotovoltaico; Solar; Descentralização; Energia

Title: Development of a simulation model for the technical and economic management of Renewable Energy Communities for the University of Évora and for Humanitarian Center of Évora of the Portuguese Red Cross

Abstract

Renewable Energy Communities (RECs) enable the collective organization of consumers and producers in physical proximity, allowing for self-consumption or the creation of a legal entity such as a cooperative. Both approaches offer economic, social, and environmental benefits.

Introduced by the RED II Directive and transposed into Portuguese law by Decree-Law No. 162/2019, updated by Regulation 2/2023, RECs promote the decentralized production of renewable electricity, aligning with the National Energy and Climate Plan 2030.

This dissertation analyzes two RECs: one at the University of Évora and another at the Humanitarian Center of Évora of the Portuguese Red Cross. For this purpose, an energy and economic simulation model was developed, aiming to optimize self-consumption and reduce electricity costs.

At the University of Évora, where historical center restrictions prevent the installation of photovoltaic panels, the six photovoltaic systems, with a total installed capacity of 601,38 kWp, operating under a collective self-consumption regime, will reduce annual consumption by 801 MWh, with an overall self-consumption rate of approximately 94%. This will result in savings of €362 304,30, representing a 22,22% reduction in electricity costs. At the Humanitarian Center, a 30 kWp photovoltaic system is expected to produce 42 MWh annually, with a self-consumption rate of 38,09%, contributing to cost reductions and CO₂ emissions mitigation.

These initiatives highlight the key role of RECs in the energy transition, as well as their economic and environmental benefits.

Keywords: Renewable Energy Communities; Photovoltaic; Solar; Decentralization; Energy

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão à Cátedra de Energias Renováveis da Universidade de Évora, por me proporcionar a oportunidade de desenvolver este tema e por todo o apoio recebido ao longo do meu percurso académico. A experiência e os recursos disponibilizados pela Cátedra foram essenciais para a realização desta dissertação.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Afonso Cavaco, pelo acompanhamento dedicado, pelas orientações valiosas e pelo apoio contínuo durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus familiares, especialmente ao meu pai, mãe, irmão e irmã, o meu sincero agradecimento pelo apoio incondicional, pela paciência e por acreditarem sempre em mim. O vosso apoio e compreensão foram fundamentais para o meu sucesso e bem-estar ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, agradeço por todo o companheirismo, pelas conversas e pelo apoio moral. A vossa amizade e presença tornaram este percurso mais leve.

Gostaria ainda de agradecer à Anny, que, embora tenha entrado no final do meu percurso, se revelou uma pessoa muito especial.

A todos, o meu muito obrigado.

Índice

Agradecimentos	vi
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xiv
Lista de Equações	xv
Nomenclatura.....	xviii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Organização da dissertação	6
2. Fundamentação teórica	7
2.1. Decretos de Lei em vigor em Portugal	7
2.2. Autoconsumo	7
2.2.1. Regras no Autoconsumo.....	8
2.3. Comunidades de Energia Renovável	10
2.3.1. Diferentes formas de criação de uma pessoa coletiva	11
2.3.2. Benefícios das CER.....	11
2.3.3. Barreiras à implementação de CER.....	12
2.3.4. Limitações geográficas em Portugal.....	14
2.3.5. Principais instrumentos de financiamento	15
2.3.6. Partilha de energia	17
2.3.7. Coeficientes de partilha	18
2.3.8. Diferenças da transposição das definições de CER e de CEC na Europa	21
2.3.9. Potencial de Partilha de Energia em Portugal	22
3. Modelo de simulação de gestão técnica e económica de uma Comunidade Energética	25
3.1. Primeira Etapa	26
3.2. Segunda Etapa	26
3.3. Terceira Etapa.....	26
3.4. Quarta Etapa	26
3.5. Quinta Etapa	26
3.6. Sexta Etapa	26
3.7. Sétima Etapa	26
3.8. Oitava Etapa	28
3.9. Nona Etapa	28
3.10. Décima Etapa.....	29
4. ACC da Universidade de Évora.....	31

4.1. Estrutura do ACC	31
4.2. Análise dos consumos energéticos dos diferentes edifícios	33
4.3. Análise das Instalações de Produção	35
4.4. Cenário das UPAC em ACI.....	39
4.4.1. Universidade de Évora com UPAC em ACI	39
4.5. Cenário das UPAC em Autoconsumo Coletivo (ACC).....	40
4.5.7. Universidade de Évora com UPAC em ACC	41
5. CER do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa.....	46
5.1. Análise Regulamentar	47
5.1.1. Disposições Gerais	48
5.1.2. Membros da CER	48
5.1.3. Benefícios dos membros e excedente de energia	50
5.1.4. Disposições Finais	51
5.2. Análise Técnica	51
5.3. Análise Económica	54
5.3.1. Análise dos 3 Cenários	54
6. Conclusões.....	57
6.1. Modelo de simulação de gestão técnica e económica	57
6.2. ACC da Universidade de Évora	57
6.3. CER do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa	59
Trabalho futuro	61
Referências	63
Anexos.....	67
Anexo 1 – Artigo Análise da Comunidade de Energias Renováveis do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal (Apresentado no CIIES 2024)	67
Anexo 2 – Diferenças de uma CER e de uma CCE.....	74
Anexo 3 – Características Jurídicas e Fiscais das Diferentes Formas de Pessoas Coletivas	75
Anexo 4- Passos para a criação de uma CER.....	77
Anexo 5 - Equações consideradas na 8ª Etapa do Modelo.....	79
Anexo 6 - Equações consideradas na análise da comunidade na Etapa 9 do Modelo	91
Anexo 7 - Equações consideradas na análise de cada IU na Etapa 9 do Modelo.....	100
Anexo 8 - Gráficos de consumo mensal, semanal e a média do consumo a cada quinze minutos dos edifícios da CER da Universidade de Évora	106
Anexo 9 – Plantas 2D das UPAC da CER da Universidade de Évora	111
Anexo 10 - Análise das características das coberturas das UPAC da CER da Universidade de Évora.....	113

Anexo 11 - Análise das UPAC em ACI	115
Análise da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI.....	115
Análise da UPAC da Residência António Gedeão em ACI	116
Análise da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI	117
Análise da UPAC do Colégio dos Leões em ACI.....	118
Análise da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACI.....	119
Análise da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACI.....	120
Anexo 12 – Cash Flow Atualizado e Cash Flow Atualizado Acumulado das UPAC da Universidade de Évora em ACI.....	122
Anexo 13 - Análise das UPAC em ACC.....	126
Análise da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC	126
Análise da UPAC da Residência António Gedeão em ACC.....	127
Análise da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC	131
Análise da UPAC do Colégio dos Leões em ACC.....	132
Análise da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC	136
Análise da UPAC Colégio Pedro da Fonseca em ACC	140
Anexo 14 – Cash Flow Atualizado e Cash Flow Atualizado Acumulado das UPAC da Universidade de Évora em ACC	145

Lista de Figuras

Figura 1- Total de consumo anual de energia primária por fonte de energia (1800-2022) [3]	1
Figura 2- Emissões de CO ₂ Globais (1995-2023) [4]	1
Figura 3 - Evolução da temperatura média global combinada (terra e oceano) de 1880-2020 [8]	2
Figura 4 – Anomalias anuais da temperatura média em Portugal Continental em relação ao valor normal 1971-2000 desde 1931 [9]	3
Figura 5- Entidade Instaladora [15]	8
Figura 6-Contagem de energia numa UPAC com uma potência instalada menor ou igual a 4 kW [14], [15]	10
Figura 7- Contagem de energia numa UPAC com uma potência instalada maior que 4kW [14], [15]	10
Figura 8- Benefícios da criação de CER [16], [21]	12
Figura 9- Limite de distância máxima entre uma UPAC e uma IU no caso uma RDE em BT [14]	14
Figura 10- Alternativa de UPAC e IU conectadas ao mesmo posto de transformação [23]	14
Figura 11- Limites de distância entre as UPAC e as IU nos casos de MT, AT, MAT [23]	15
Figura 12- Diferentes tipos de Crowdfunding [24]	16
Figura 13- Diferenças da transposição das definições de CER e CEC na Europa [34] ..	21
Figura 14- Diferenças do Potencial de Partilha Energética em UPAC em Portugal	23
Figura 15- Etapas do modelo de simulação	25
Figura 16- Menu inicial	27
Figura 17- Submenu da opção com coeficientes de partilha fixos	27
Figura 18- Submenu da opção com coeficientes de partilha variáveis	27
Figura 19- Mapa com a localização dos diferentes edifícios	32
Figura 20 - Esquema 3D da UPAC da Residência Manuel Álvares	36
Figura 21 - Esquema 3D da UPAC da Residência António Gedeão	37
Figura 22 - Esquema 3D da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça	37
Figura 23 - Esquema 3D da UPAC do Colégio dos Leões	37
Figura 24 - Esquema 3D da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo	37
Figura 25 - Esquema 3D da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca	38
Figura 26 - Estimativas de Produção Fotovoltaica [MWh]	38
Figura 27- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACI	39
Figura 28- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 1)	41
Figura 29- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 2)	42
Figura 30- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 3)	42
Figura 31- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 4)	43
Figura 32 - Estrutura do Regulamento Interno da comunidade do CHE-CVH	47

Figura 33 - Consumos mensais do edifício do CHE-CVP	52
Figura 34 - Cobertura do edifício do CHE-CVP	53
Figura 35 - Cenário 3D da instalação fotovoltaica	54
Figura 36 - Cash Flow Atualizado Acumulado de cada um dos cenários da CER-CVP	55
Figura 37 - Retorno Acumulado Anual (por 100€ participação) para cada um dos cenários da CER-CVP	55
Figura 38- Etapas para a criação de uma CER [16], [20].....	78
Figura 39 - Consumo Mensal Total de edifícios de aulas	106
Figura 40 - Consumo Mensal Total de residências	106
Figura 41 - Consumo Mensal Total de outros tipos de edifícios.....	107
Figura 42- Consumo Semanal Total de edifícios de aulas	107
Figura 43- Consumo Semanal Total de residências	108
Figura 44 - Consumo Semanal Total de outros tipos de edifícios.....	108
Figura 45 - Consumo Médio a cada quinze minutos de edifícios de aulas	109
Figura 46 - Consumo Médio a cada quinze minutos de residências	109
Figura 47 - Consumo Médio a cada quinze minutos de outros tipos de edifícios	110
Figura 48 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência Manuel Álvares	111
Figura 49 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência António Gedeão.....	111
Figura 50 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça.....	111
Figura 51 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Colégio dos Leões	112
Figura 52 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo	112
Figura 53 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca	112
Figura 54- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência Manuel Álvares em ACI.....	115
Figura 55- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência António Gedeão em ACI.....	116
Figura 56- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência Bento Jesus Caraça em ACI.....	117
Figura 57- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Colégio dos Leões em ACI	118
Figura 58- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Pavilhão Gimnodesportivo em ACI	119
Figura 59- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Colégio Pedro da Fonseca em ACI	120
Figura 60 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI.....	122
Figura 61 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACI.....	122
Figura 62 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões	123
Figura 63 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI.....	123
Figura 64 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo	124
Figura 65 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACI	124
Figura 66- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACI	125

Figura 67- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC.....	126
Figura 68- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 1).....	128
Figura 69- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 2).....	128
Figura 70- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 3 e 4).....	129
Figura 71- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC	131
Figura 72- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 1).....	133
Figura 73- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 2).....	133
Figura 74- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 3).....	134
Figura 75- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 4).....	134
Figura 76- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 1).....	137
Figura 77- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 2).....	137
Figura 78- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 3).....	138
Figura 79- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 4).....	138
Figura 80- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 1).....	141
Figura 81- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 2).....	141
Figura 82- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 3).....	142

Figura 83- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 4).....	142
Figura 84- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC.....	145
Figura 85- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 1)	145
Figura 86- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 2)	146
Figura 87- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 3 e 4)	146
Figura 88- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC	147
Figura 89- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 1)	147
Figura 90- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 2)	148
Figura 91- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 3)	148
Figura 92- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 4)	149
Figura 93- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 1).....	149
Figura 94- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 2).....	150
Figura 95- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 3).....	150
Figura 96- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 4).....	151
Figura 97- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 1)	151
Figura 98- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 2)	152
Figura 99- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 3)	152
Figura 100- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 4)	153
Figura 101- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 1).....	153
Figura 102- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 2).....	154
Figura 103- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 3).....	154
Figura 104- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 4).....	155

Lista de Tabelas

Tabela 1- Procedimentos de Licenciamento de UPAC's [11], [12], [14], [15]	9
Tabela 2- Barreiras provenientes da criação de CER [22]	14
Tabela 3 - Potencial Para Partilha de Energia [38], [39]	22
Tabela 4 - Esquema de partilha do ACC da Universidade de Évora.....	32
Tabela 5 - Distância Aproximadas entre UPAC e IU [km]	33
Tabela 6- Tarifários energéticas das 24 IU.....	33
Tabela 7- Resultados Técnico-Financeiros da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em ACI.....	40
Tabela 8- Resultados Técnico-Financeiros da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses.....	44
Tabela 9 - Resultados Financeiros de cada um dos cenários da CER-CVP	55
Tabela 10- Diferenças de uma CER e de uma CEC [34]	74
Tabela 11- Diferentes formas de criação de uma pessoa coletiva [10], [17].....	75
Tabela 12- Benefícios e obrigações fiscais dos diferentes tipos de pessoas coletivas [17], [18], [19].....	76
Tabela 13 - Características das coberturas da UPAC da Residência Manuel Álvares .	113
Tabela 14 - Características das coberturas da UPAC da Residência António Gedeão	113
Tabela 15 - Características das coberturas da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça	113
Tabela 16 - Características das coberturas da UPAC do Colégio dos Leões	114
Tabela 17 - Características das coberturas da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo ..	114
Tabela 18 - Características das coberturas da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca ...	114
Tabela 19 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI	115
Tabela 20 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência António Gedeão em ACI	116
Tabela 21 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI	117
Tabela 22 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio dos Leões	118
Tabela 23 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo	119
Tabela 24 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca	121
Tabela 25- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	127
Tabela 26- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência António Gedeão em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	130
Tabela 27- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	132
Tabela 28- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio dos Leões em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	135
Tabela 29- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	139
Tabela 30- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses	143

Lista de Equações

Equação 1 - Coeficientes de partilha fixos do membro i.....	19
Equação 2 - Coeficiente de partilha proporcionais ao consumo do membro i.....	19
Equação 3 - Coeficiente de partilha hierárquico	20
Equação 4- Coeficientes Variáveis do membro i com base nos preços energéticos.....	27
Equação 5- Consumo de energia atualizado de uma IU considerando a partilha de energia, a cada 15 minutos	79
Equação 6- Consumo total de energia da comunidade, a cada 15 minutos.....	79
Equação 7- Produção total de energia na comunidade disponível para partilha	79
Equação 8- Consumo total acumulado de energia da comunidade	80
Equação 9- Energia consumida por uma IU proveniente da produção partilhada por uma UPAC, a cada 15 minutos	80
Equação 10- Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC.....	81
Equação 11- Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC	81
Equação 12- Taxa de autoconsumo de cada IU, a cada 15 minutos.....	81
Equação 13- Energia partilhada não consumida numa IU, a cada 15 minutos	82
Equação 14- Energia partilhada total que não é consumida numa IU	82
Equação 15- Energia partilhada total que não é consumida na comunidade.....	82
Equação 16- Quantidade de energia total produzida nas UPAC da comunidade e partilhada com uma IU	83
Equação 17- Taxa de autoconsumo global de uma IU	83
Equação 18- Taxa de autoconsumo global da comunidade.....	83
Equação 19- Custo da Energia Consumida por uma IU, a cada 15 minutos.....	84
Equação 20- Custo da Energia Consumida por uma IU Após a Partilha de Energia, a cada 15 minutos	84
Equação 21- Poupança monetária de uma IU, a cada 15 minutos.....	84
Equação 22- Poupança monetária total de uma IU.....	85
Equação 23- Poupança monetária total da comunidade	85
Equação 24- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos	85
Equação 25- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil.....	86
Equação 26- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural	86
Equação 27- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos.....	86
Equação 28- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil	87
Equação 29- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural.....	87
Equação 30- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos	87
Equação 31- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil.....	88
Equação 32 - Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de gás natural.....	88

Equação 33- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos	89
Equação 34- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil	89
Equação 35- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural.....	89
Equação 36- Preço total de instalações fotovoltaicas na comunidade.....	91
Equação 37- Custos de operação e manutenção anuais da instalação	91
Equação 38- Preço médio de eletricidade na comunidade	91
Equação 39- Eletricidade produzida e consumida anualmente na comunidade.....	92
Equação 40- Excedente de eletricidade produzida anualmente na comunidade	92
Equação 41- Preço médio de eletricidade anual na comunidade.....	92
Equação 42- Valor de poupança monetária anual na comunidade com a energia poupada	93
Equação 43- Valor de venda anual de energia excedente na comunidade	93
Equação 44- Valor da poupança monetária anual na comunidade.....	93
Equação 45- Custo total anual das instalações fotovoltaicas da comunidade	93
Equação 46- Custo total anual de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas da comunidade.....	94
Equação 47- Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade	94
Equação 48- Cash flow anual da comunidade.....	94
Equação 49- Cash flow anual acumulado da comunidade	95
Equação 50- Cash flow atualizado anual da comunidade	95
Equação 51- Cash flow atualizado acumulado anual da comunidade.....	96
Equação 52- Receitas atualizadas anuais na comunidade	96
Equação 53- Custos totais atualizados anuais na comunidade.....	96
Equação 54- Receitas venda de energia não aproveitada excedente atualizadas anuais na comunidade.....	97
Equação 55- Receitas da poupança energética atualizadas anuais na comunidade.....	97
Equação 56- Valor atualizado líquido na comunidade.....	97
Equação 57- Custos totais do ciclo de vida na comunidade.....	98
Equação 58- Período de retorno de investimento na comunidade.....	98
Equação 59- Taxa interna de retorno na comunidade	98
Equação 60- Custo nivelado de eletricidade na comunidade	99
Equação 61- Preço médio de eletricidade de uma IU.....	100
Equação 62- Eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU	100
Equação 63- Preço médio de eletricidade anual numa IU.....	101
Equação 64- Valor de poupança monetária anual numa IU com a energia poupada ...	101
Equação 65- Custo total anual pago pelas IU para a construção das instalações fotovoltaicas	101
Equação 66- Custos totais anuais pagos pelas IU	102
Equação 67- Cash flow anual de uma IU	102
Equação 68- Cash flow anual acumulado de uma IU.....	102
Equação 69- Cash flow atualizado anual de uma IU.....	102
Equação 70- Cash flow atualizado acumulado anual de uma IU	103
Equação 71- Receitas atualizadas anuais de uma IU.....	103
Equação 72- Custos totais atualizados anuais de uma IU	103
Equação 73- Valor atualizado líquido de uma IU	104
Equação 74- Custos totais do ciclo de vida de uma IU	104
Equação 75- Período de retorno de investimento de uma IU	104

Equação 76- Taxa interna de retorno de uma IU.....	105
Equação 77- Custo nivelado de eletricidade na comunidade	105

Nomenclatura

AAUE: Associação Académica da Universidade de Évora
ACC: Autoconsumo Coletivo
ACI: Autoconsumo Individual
AC: Autoconsumo
ADENE: Agência Nacional de Energia
AT: Alta Tensão
ATE: Aliança para a Transição Energética
BTE: Baixa Tensão Especial
BT: Baixa Tensão
CCEC: Comunidade de Cidadãos de Energia
CEC: Comunidades de Energia Cidadã
CER: Comunidades de Energia Renovável
CHE-CVP: Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal
CIA: Centro Investigação Avançada
CLAV: Colégio Luís António Verney
CPE: Código de Ponto de Entrega
DGEG: Direção-Geral de Energia e Geologia
EA: Edifício de Apoio
EGAC: Entidade Gestora de Autoconsumo
ER: Energia Renovável
IEMD: Diretiva de Energia Interna de Mercado da Eletricidade
IMI: Imposto Municipal sobre Imóveis
IMT: Imposto Municipal sobre Transmissão Onerosas de Imóveis
IVA: Imposto de Valor Acrescentado
IRC: Imposto sobre o Rendimento de Pessoas Coletivas
IRN: Instituto dos Registos e do Notariado
IU: Instalação de Utilização
LCOE: “Levelized Cost of Electricity”
MAT: Muito Alta Tensão
MT: Média Tensão
NPV: “Net Present Value”
ORD: Operados de Rede de Distribuição
PRI: Período de Recuperação de Investimento
RDE: Rede de Distribuição de Energia Elétrica
RESP: Rede Elétrica de Serviços Públicos
RND: Rede de Distribuição
RNT: Rede de Transmissão
RESS: “Renewable Electricity Support Scheme”
SGPCM: Secretária-geral da Presidência do Conselho de Ministros
SASUE: Serviços de Ação Social da Universidade de Évora
SADM: Serviços Administrativos
SI: Serviços Informáticos
TLCC: “Total Life Cycle Costs”
TIR: Taxa Interna de Rentabilidade
UE: União Europeia
UPAC: Unidades de Produção para Autoconsumo
VAL: Valor Atualizado Líquido
P2P: “Peer-to-Peer”

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O consumo mundial de energia tem registado um crescimento acelerado nos últimos anos. Em 2023, o consumo global de energia aumentou 2,2%, uma taxa significativamente superior à média anual de 1,5% registada entre 2010 e 2019. Este crescimento foi impulsionado principalmente pelos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), que representaram 42% do consumo mundial de energia em 2023. Destacam-se, nesse contexto, o aumento do consumo de energia na China (6,6%) e na Índia (5,1%), enquanto a Rússia e a África do Sul registaram quedas no consumo. [1] Este aumento do consumo de energia está diretamente associado ao crescimento das emissões de CO₂. A queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, continua a ser a principal fonte de emissões. Em 2023, as emissões globais de CO₂ aumentaram paralelamente com o consumo de energia, reforçando a ligação direta entre o uso intensivo de energia e a poluição atmosférica. [1], [2]

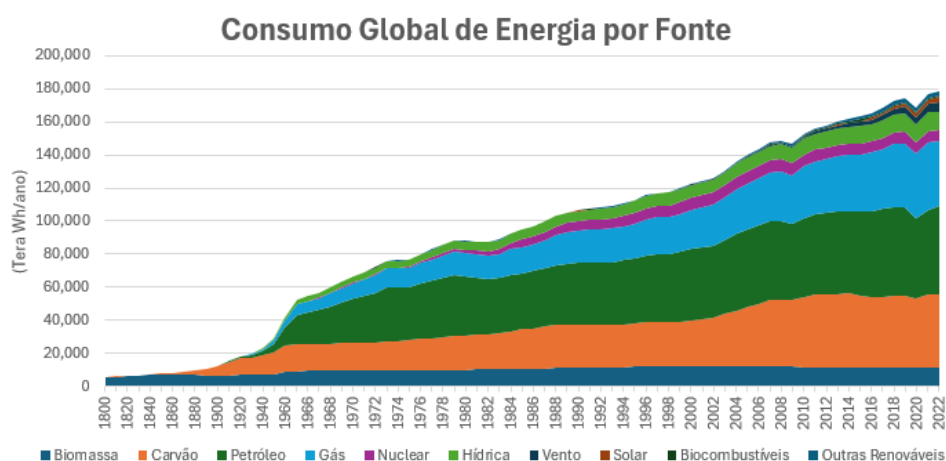


Figura 1- Total de consumo anual de energia primária por fonte de energia (1800-2022) [3]

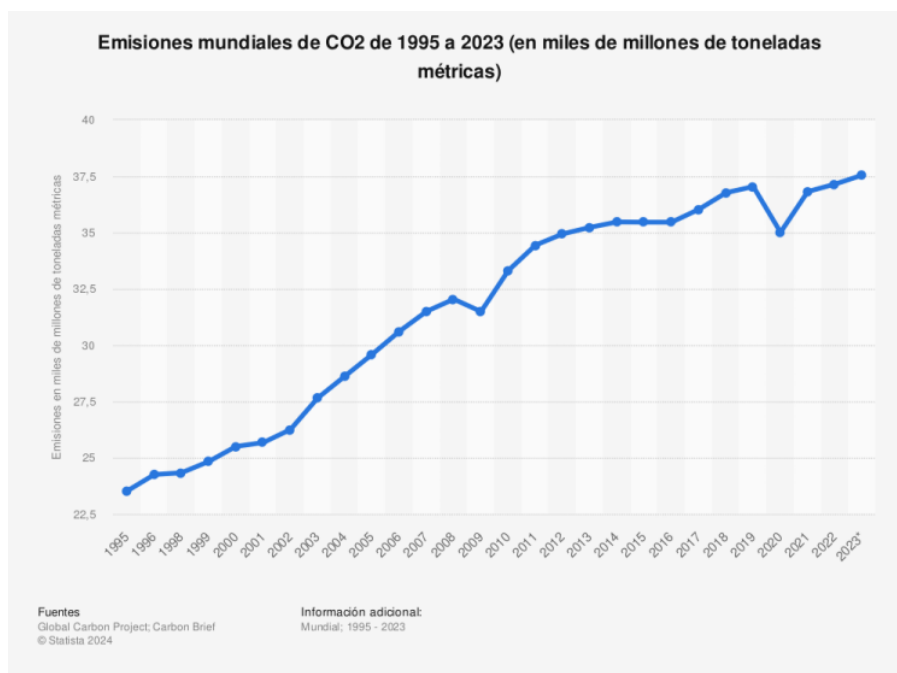


Figura 2- Emissões de CO₂ Globais (1995-2023) [4]

Estes dados (Figura 1 e Figura 2) evidenciam a necessidade urgente de implementar políticas e tecnologias que incentivem a adoção de fontes de energia renováveis, prioritárias para a mitigação dos impactos ambientais e climáticos, sem negligenciar a importância da eficiência energética. [2]

A preocupação com as alterações climáticas é mais urgente do que nunca, dado que estas afetam todas as regiões do mundo de forma significativa. O derretimento das calotas polares e o consequente aumento do nível do mar são fenómenos globais, com consequências diretas para comunidades costeiras e ecossistemas vulneráveis. [5]

Além disso, os eventos meteorológicos extremos estão a ocorrer com maior frequência e intensidade em várias partes do mundo, resultando em fenómenos como cheias devastadoras e ondas de calor extremas. As alterações climáticas têm impactos diretos na segurança alimentar, na saúde pública, na estabilidade económica e até na segurança nacional. Em 2023, a tempestade DANA provocou cheias severas na Eslovénia, em Madrid e em várias regiões de Espanha, destacando a gravidade desses eventos extremos. [5]

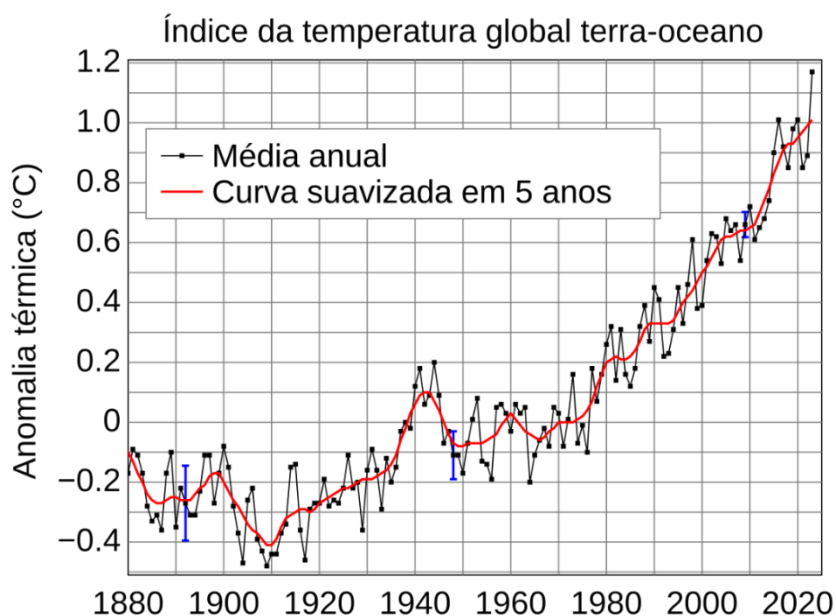


Figura 3 - Evolução da temperatura média global combinada (terra e oceano) de 1880-2020 [8]

É crucial agir com rapidez e determinação para mitigar as alterações climáticas e limitar os seus efeitos prejudiciais. Caso contrário, esses impactos tenderão a intensificar-se no futuro. [5]

Em Portugal, o cenário não é diferente. O aumento das temperaturas, a diminuição da precipitação e a intensificação dos períodos de seca são fenómenos meteorológicos extremos que têm vindo a tornar-se mais frequentes ao longo dos anos, como ilustrado na Figura 4.

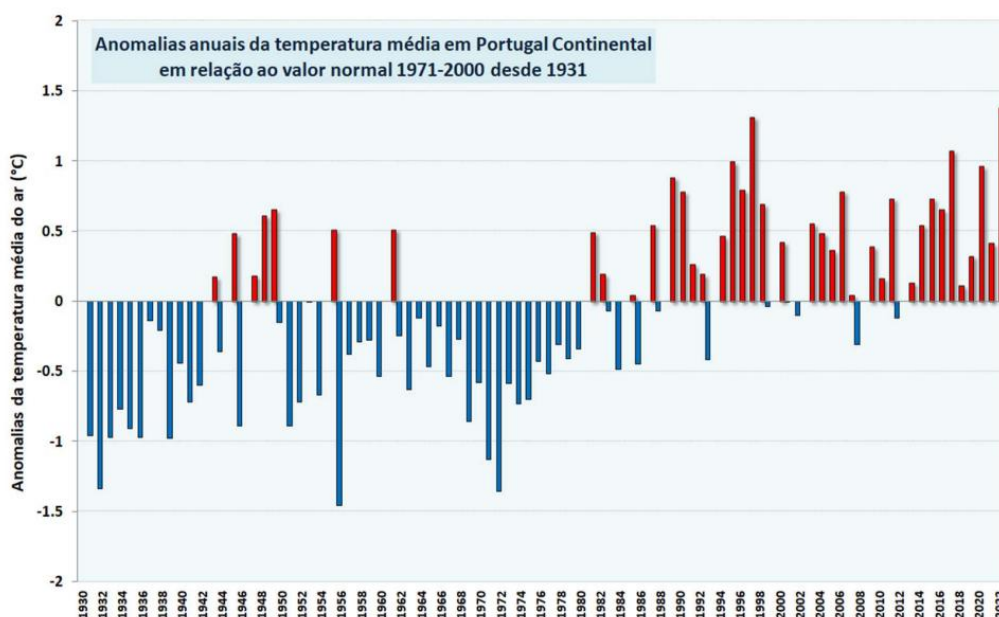


Figura 4 – Anomalias anuais da temperatura média em Portugal Continental em relação ao valor normal 1971-2000 desde 1931 [9]

A urgência para combater as alterações climáticas é internacionalmente reconhecida. Sob a ótica da Lei Europeia em matéria de clima, os países da União Europeia, em 2016, no âmbito do pacote “Energia Limpa para todos os Europeus”, acordaram uma atualização da estrutura de política energética europeia, com o objetivo de transformar, consolidar e acelerar a transição energética, visando o cumprimento do Acordo de Paris para reduzir as emissões de gases de efeito de estufa e aumentar a criação de emprego e crescimento económico. [15], [16]

Posteriormente, foi aprovada a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, conhecida como Diretiva RED II, relativa à promoção da utilização de fontes de energia renováveis, que introduz as CER. Esta diretiva impõe aos Estados-Membros a responsabilidade de garantir que as CER possam participar dos regimes de apoio disponíveis em condições de igualdade com outros grandes intervenientes no mercado. [17]

Em 2019, a Comissão Europeia lançou o Pacto Ecológico Europeu (European Green Deal), que introduz um conjunto de políticas e estratégias para enfrentar a ameaça global das alterações climáticas, com o objetivo de atingir uma redução de pelo menos 55% nas emissões líquidas de gases com efeito de estufa até 2030, em comparação com os níveis de 1990. O Pacto Ecológico estabelece um caminho para uma economia moderna, eficiente no uso dos recursos e competitiva, assegurando uma transição energética justa que não deixe ninguém nem nenhuma região para trás. [18]

Em 2021, foi apresentado o pacote “Fit for 55”, que consiste num conjunto de propostas para rever e atualizar a legislação da União Europeia e criar iniciativas, com o intuito de garantir que as políticas estejam alinhadas para atingir a meta de redução das emissões de CO₂.

Em 2023, a União Europeia introduziu a Diretiva das Energias Renováveis III (RED III), configurando-se num quadro jurídico atualizado da União Europeia, concebido para acelerar a adoção de energias renováveis em todos os setores. Aprovada em 18 de outubro de 2023 e em vigor desde 20 de novembro de 2023, a RED III estabelece uma meta vinculativa para que a UE alcance pelo menos 42,5% de participação de energia renovável no seu consumo final bruto de energia até 2030, com um objetivo aspiracional de atingir 45%. [19]

Portugal, em concordância com as diretrizes e objetivos europeus, comprometeu-se de forma ambiciosa com a descarbonização e a transição energética, implementando diversas iniciativas motivadas pela necessidade de garantir maior segurança energética e independência face às flutuações de preços causadas pela pandemia de COVID-19 e pela crise energética resultante da guerra na Ucrânia. Entre estas iniciativas, destacam-se o investimento significativo em energia solar e eólica para aumentar a capacidade de produção de energia limpa, a utilização de recursos hídricos para produzir eletricidade de forma sustentável, a exploração de recursos geotérmicos para produzir energia de forma sustentável, programas para melhorar a eficiência energética em edifícios e indústrias, a promoção do uso de veículos elétricos e da infraestrutura de carregamento, bem como incentivos para práticas agrícolas sustentáveis e uso de biocombustíveis. Estas ações fazem parte de um esforço mais amplo para assegurar maior segurança energética e independência, reforçando o compromisso de Portugal com a sustentabilidade e a resiliência energética. [20]

O Estado Português demonstra empenho em reformar o sistema energético e acelerar a transição para fontes renováveis, incentivando a inovação, a investigação e o desenvolvimento no setor. Este esforço envolve a criação de legislação que promove a liberdade e a criatividade para a adoção de soluções inovadoras, como a Rede de Espaços Energia, que apoia cidadãos e empresas na implementação de medidas de eficiência energética e energias renováveis. Estas medidas visam transformar o sistema elétrico atual num sistema mais inteligente, digital, descarbonizado e democrático.

Adicionalmente, estão a ser desenvolvidos sistemas de incentivo acessíveis a entidades públicas, empresas e cidadãos, particularmente aqueles economicamente mais vulneráveis, como é o caso dos apoios destinados a beneficiários da Tarifa Social de Energia, que facilitam a adoção de soluções de eficiência energética e energias renováveis. O objetivo é garantir que a transição energética seja justa e inclusiva, destacando-se o Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), que foca a reabilitação de edifícios para melhorar a eficiência energética e o conforto, alinhando-se com a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios.

Portugal também está a reforçar os recursos das entidades públicas estratégicas, facilitando a implementação de projetos que acelerem a transição energética, por meio de maior cooperação entre as entidades envolvidas no Sistema Elétrico Nacional, para assegurar respostas rápidas e sem entraves.

Por fim, o país está a promover instrumentos de política pública ambiciosos em matéria de energia e clima, com metas claras para 2030 e 2050, como o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 e o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. A Estratégia Nacional para o Hidrogénio também é destacada, com o objetivo de que, até 2030, uma parte significativa do consumo final de energia seja proveniente de fontes renováveis, garantindo que pelo menos 85% da eletricidade seja produzida de fontes renováveis. [21]

O cumprimento dessas metas é vital para mitigar os impactos das alterações climáticas, para proteger os ecossistemas frágeis, as economias locais e a qualidade de vida das comunidades em todo o planeta. A implementação efetiva dessas políticas é fundamental para enfrentar os desafios climáticos globais e garantir um futuro sustentável para as gerações futuras.[22]

No contexto da transição energética, as Comunidades de Energia Renovável (CER) e o Autoconsumo Coletivo (ACC) surgem como abordagens inovadoras, permitindo a produção e partilha local de energia renovável. Estas iniciativas não só aceleram a transição para um sistema energético mais sustentável, como também contribuem para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas e para a descentralização da produção de energia. Uma CER é uma entidade coletiva que produz e partilha energia renovável para

criar e gerir autonomamente energia verde a custos vantajosos, reduzindo significativamente as emissões de CO₂ e o excedente de energia. Essas comunidades podem ser compostas por uma variedade de participantes, incluindo cidadãos, administrações públicas e pequenas e médias empresas. Uma CER pode ser promovida por entidades públicas ou privadas, nas quais podem participar pessoas que cumpram os requisitos técnicos para partilha de energia. [23]

As CER proporcionam uma série de benefícios ambientais, económicos e sociais. Além de reduzirem as emissões de CO₂ e evitarem o desperdício de energia, os membros da comunidade recebem vantagens económicas pela energia partilhada. Estas iniciativas incluem a instalação de painéis solares comunitários, sistemas de armazenamento de energia e micro-redes locais. Estas iniciativas podem combater a pobreza energética, proporcionando acesso a energia limpa e acessível para todos, e também impulsionam o desenvolvimento local e a criação de empregos. Adicionalmente, as CER contribuem para a economia circular ao revitalizar terrenos industriais inutilizados através da implementação de tecnologias verdes e projetos de energia sustentável. [23]

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivos principais a compreensão do processo de constituição e operação de uma CER em Portugal, desenvolvendo ferramentas de modelação e análise para a gestão eficiente dessas comunidades.

O primeiro objetivo foi a análise da regulamentação e legislação em vigor, nomeadamente o Decreto-Lei nº 15/2022 e o Regulamento nº 2/2023, que resultam da transposição da Diretiva das Energias Renováveis (RED II) para o ordenamento jurídico português. Adicionalmente, analisaram-se documentos relevantes, como o manual digital de autoconsumo e CER da ADENE. O intuito foi desenvolver uma visão detalhada da estrutura e operação das CER em Portugal, fornecendo a base teórica necessária para as atividades subsequentes.

O segundo objetivo consistiu no desenvolvimento de um modelo de simulação para a gestão eficiente de uma CER, com foco na definição de coeficientes de partilha de energia entre os membros ou instalações de uma CER. Este modelo permite o cálculo de coeficientes de partilha fixos, variáveis e hierárquicos, com base em diferentes constrangimentos e na prossecução de diversos objetivos. O modelo desenvolvido visa otimizar a partilha de energia na comunidade, tendo como base os objetivos individuais dos membros, como a maximização do consumo de energia renovável por via da partilha de energia entre diferentes IU, em detrimento de injeção de energia na rede.

O terceiro objetivo focou-se no estudo do ACC da Universidade de Évora, analisando os consumos e produções dos diferentes edifícios que constituem o ACC. Para esse fim, foram definidos diferentes cenários para a gestão do ACC, com base no modelo desenvolvido na atividade anterior. Este estudo permitirá a análise de diversos cenários de partilha de energia, com o intuito de identificar os mais vantajosos para a comunidade. O quarto objetivo centrou-se no desenvolvimento e análise da CER do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa (CHE-CVP), com foco na análise regulamentar, técnica e financeira.

Esta dissertação é desenvolvida no âmbito das atividades da Cátedra de Energias Renováveis da Universidade de Évora, fortalecendo assim a integração da investigação académica com as iniciativas práticas e colaborativas no campo da energia solar. Ao combinar análise legislativa, modelação técnica e estudos de caso específicos, esta dissertação visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias de gestão otimizadas de CER por meio do modelo de simulação desenvolvido.

1.3. Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em 7 capítulos:

- O primeiro capítulo apresenta o enquadramento e a relevância do tópico, com ênfase no contexto energético e ambiental. Segue-se a definição CER, abordando também aspetos da sua operacionalização e gestão.
- O segundo capítulo fornece uma explicação detalhada sobre a constituição do modelo de simulação desenvolvido para a gestão das comunidades de energia.
- O terceiro capítulo analisa o ACC da Universidade de Évora, com foco na sua constituição, análise energética e análise dos resultados obtidos com o modelo de simulação desenvolvido.
- O quarto capítulo examina uma Comunidade de Energia Renovável no CHE-CVP, no âmbito do projeto europeu AURORA, analisando a sua constituição e os resultados alcançados.
- O quinto capítulo apresenta as conclusões derivadas dos resultados obtidos.
- Finalmente, no sexto capítulo, são discutidos os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos com base nos resultados e nas metodologias desta dissertação.

Além disso, esta dissertação originou um trabalho apresentado numa conferência internacional, que pode ser consultado na página 67.

2. Fundamentação teórica

2.1. Decretos de Lei em vigor em Portugal

Atualmente, em Portugal, existem três decretos-lei e um regulamento em vigor que abordam o tema do Autoconsumo (AC) e das CER. Os documentos são os seguintes:

- Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro, que estipula a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional; [10]
- Decreto-Lei n.º 30-A/2022, de 18 de abril, que permite a implementação de medidas especiais para simplificar a produção de energia a partir de fontes renováveis; [11]
- Decreto-Lei n.º 72/2022, de 19 de outubro, que altera as medidas extraordinárias destinadas a facilitar a realização de projetos e ações relacionadas com a produção e o armazenamento de energia proveniente de fontes renováveis; [12]
- Regulamento n.º 2/2023, que estabelece as regras e disposições aplicáveis ao exercício da atividade de autoconsumo de energia renovável, tanto a nível individual quanto coletivo, quando há conexão à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Além disso, o regulamento também se aplica às CER e às Comunidades de Cidadãos de Energia (CCE) envolvidas na atividade de autoconsumo de energia renovável. Este regulamento define as diretrizes e requisitos que devem ser seguidos por todas as partes envolvidas nesse tipo de atividade, com base nas disposições legais mencionadas. [13]

2.2. Autoconsumo

Autoconsumo (AC) refere-se ao consumo de energia elétrica garantido através da produção de energia por uma ou mais Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), sendo essa energia utilizada por um ou mais consumidores que utilizam Energia Renovável (ER). [14]

A prática de AC, utilizando UPAC, pode ocorrer de diversas formas, independentemente do nível de tensão das Instalações de Utilização (IU), com os seguintes cenários possíveis: [14]

- i. Autoconsumo Individual (ACI): Neste caso, a energia produzida é destinada exclusivamente ao consumo de uma única IU. Isso implica que a UPAC esteja associada a um único Código Ponto de Entrega (CPE), sendo que o proprietário pode optar por vender a energia elétrica excedente que não seja consumida;
- ii. Autoconsumo Coletivo (ACC): A energia produzida por uma UPAC é destinada a dois ou mais CPE, e o consumo de energia ocorre em duas ou mais IU. Neste contexto, é possível vender o excedente de energia elétrica produzida. A distribuição dessa eletricidade pode ocorrer através de uma rede interna ou da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

Uma ACC vai ser constituída por:

- A Entidade Gestora de Autoconsumo (EGAC);
- Autoconsumidor;
- Regulamento Interno.

A EGAC deve desempenhar diversas tarefas, tais como: gerir as operações diárias, incluindo a gestão da rede interna, caso exista; coordenar a integração e o funcionamento do ACC com a plataforma eletrónica de gestão da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG); estabelecer ligações com a RESP e colaborar com os operadores correspondentes, especialmente no que diz respeito à partilha da produção de energia e

dos respetivos coeficientes de partilha de energia; definir a estratégia comercial para lidar com os excedentes de energia; e cumprir outras obrigações que lhe sejam atribuídas pelos autoconsumidores que integram o ACC. [14]

O regulamento interno é um documento que define o funcionamento de um ACC. Este regulamento deve ser entregue à DGEG num prazo máximo de três meses, após o início de atividade da instalação de ACC. Este documento deve conter no mínimo os seguintes tópicos: [14]

- Requisitos para a admissão de novos membros;
- Processo de saída dos membros existentes;
- Método de distribuição da energia elétrica produzida para autoconsumo;
- Procedimentos para o pagamento das tarifas, quando necessário;
- Disposições sobre o que fazer com os excedentes de energia existentes;
- Estratégia comercial a ser adotada e a possível utilização da receita resultante.

2.2.1. Regras no Autoconsumo

O Decreto-Lei n.º 15/2022 regulamenta a atividade de autoconsumo.

2.2.1.1. Entidade Instaladora

A instalação de uma UPAC, com capacidade instalada superior a 700 Wp, deve ser obrigatoriamente realizada por uma entidade certificada em instalações elétricas de serviço privado ou por técnicos autorizados para a execução de instalações elétricas.[14], [15]



Figura 5- Entidade Instaladora [15]

2.2.1.2. Processos de Licenciamento

A instalação da UPAC em AC requer procedimentos de licenciamento inicial, sujeito a regras variáveis conforme a potência do sistema:

- Isenção de controlo prévio;
- Comunicação prévia;
- Registo prévio;
- Certificado de exploração;
- Licença de produção;
- Licença de exploração.

A isenção de controlo prévio é concedida para a realização da atividade de geração de eletricidade para autoconsumo, desde que a capacidade instalada não ultrapasse os 700 Wp e não exista planeamento de injetar o excesso de energia na RESP.[11], [12], [14], [15]

A necessidade de uma comunicação prévia é exigida para a produção de eletricidade destinada ao autoconsumo para potência instalada acima de 700 Wp, mas que não exceda 30 kWp.[11], [12], [14], [15]

O registo prévio e a obtenção do certificado de exploração são requeridos para a geração de eletricidade destinada ao autoconsumo quando a capacidade instalada está acima de 30 kWp, mas não excede 1 MWp, assim como para sistemas de armazenamento de eletricidade independentes com uma capacidade instalada de até 1 MW. [11], [12], [14], [15]

A obtenção de licenças de produção e exploração é obrigatória quando se trata de sistemas de autoconsumo com capacidade instalada superior a 1 MWp e também para instalações de armazenamento de eletricidade independentes com capacidade instalada superior a 1 MW. Além disso, essas licenças também são aplicadas a sistemas de produção ou armazenamento autónomo que estejam sujeitos a procedimentos de avaliação de impacto ambiental ou de avaliação de incidências ambientais, conforme exigido pela legislação. As atividades de produção e armazenamento de eletricidade que não se enquadram em nenhum dos outros procedimentos de controlo prévio também estão sujeitas a essas licenças.[11], [12], [14], [15]

Tabela 1- Procedimentos de Licenciamento de UPAC's [11], [12], [14], [15]

UPAC	POTÊNCIA INSTALADA < 700 W, SEM INJEÇÃO NA RESP	700 W < POTÊNCIA INSTALADA ≤ 30 KW	30 KW < POTÊNCIA INSTALADA ≤ 1 MW	POTÊNCIA INSTALADA > 1 MW
ISENÇÃO DE CONTROLO PRÉVIO	X			
COMUNICAÇÃO PRÉVIA		X		
REGISTO PRÉVIO E OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE EXPLORAÇÃO			X	
OBTENÇÃO DAS LICENÇAS DE PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO				X

2.2.1.3. Contagem de Energia

A medição da quantidade total de energia elétrica produzida por uma UPAC é obrigatória quando a unidade de consumo associada à UPAC está conectada à RESP e a capacidade instalada da UPAC excede 4 kWp, ou seja, neste caso é obrigatório o uso de um contador totalizador para medir a produção de energia. Essa medição deve ser integrada ao sistema centralizado de telecontagem do operador de rede de distribuição (ORD) correspondente. [11], [12], [14], [15]

Portanto, de acordo com a Figura 6, numa UPAC com uma potência instalada ≤ 4 kWp não é obrigatório o uso de um contador totalizador e apenas existe o contador inteligente (bidirecional) que mede os consumos e as produções de energia.

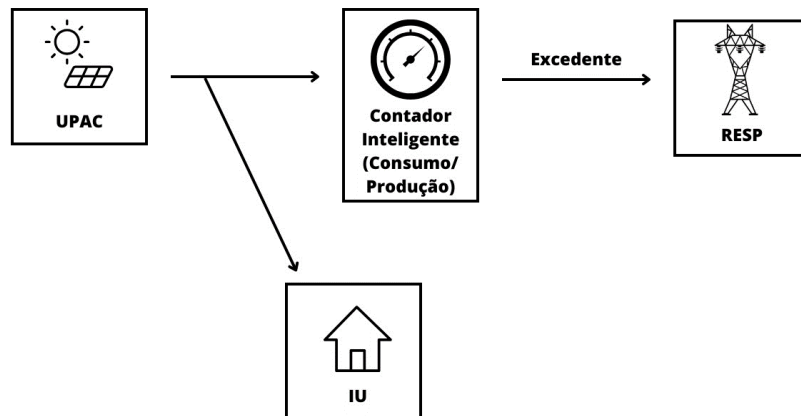


Figura 6-Contagem de energia numa UPAC com uma potência instalada menor ou igual a 4 kW [14], [15]

E, segundo a Figura 7, numa UPAC com uma potência instalada > 4 kWp é obrigatório a instalação de um contador totalizador que mede a produção de energia da UPAC.

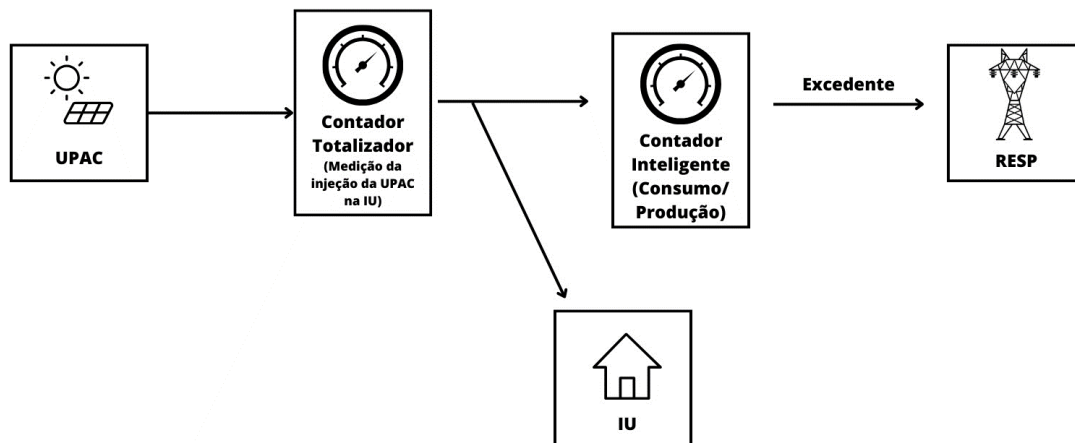


Figura 7- Contagem de energia numa UPAC com uma potência instalada maior que 4kW [14], [15]

2.2.1.4. Inspeções Periódicas

Para uma UPAC com potência instalada superior a 20,7 kWp e inferior ou igual a 1 MWp, é necessária uma inspeção periódica a cada 10 anos. Para UPACs com potência instalada superior a 1 MWp, a inspeção periódica deve ocorrer a cada 8 anos. [14], [15]

2.3. Comunidades de Energia Renovável

Uma CER existe quando uma comunidade trabalha conjuntamente em questões relacionadas com energia. Este conceito pode envolver campanhas para poupança de energia, investimentos coletivos em painéis solares ou turbinas eólicas, ou até mesmo a propriedade de uma empresa de fornecimento de energia ou de uma rede de distribuição. Este conceito está alinhado com o quadro jurídico europeu, nomeadamente com a Diretiva (UE) 2018/2001, que introduz e promove as CER, reconhecendo o direito dos cidadãos e entidades locais a produzir, consumir, partilhar e vender energia renovável. Em Portugal, este princípio foi transposto para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 15/2022, que estabelece as bases legais para a criação e funcionamento das CER, definindo os seus direitos, deveres e o enquadramento para o seu licenciamento. Assim, trata-se de um modelo já implementado na regulamentação portuguesa.

A energia comunitária une as pessoas para agir democraticamente relativamente às questões climáticas, envolvendo-se na compreensão, geração, propriedade, uso, partilha e poupança de energia. [16]

Para ser considerada uma CER, a entidade deve cumprir os seguintes critérios simultaneamente:[14], [15]

- i. Os membros ou participantes devem estar localizados na proximidade dos projetos de energia renovável da CER ou estar envolvidos em atividades relacionadas com esses projetos, incluindo UPAC; (página 14)
- ii. Os projetos de energia renovável devem ser detidos e desenvolvidos pela própria CER ou por terceiros, desde que esses projetos beneficiem e sirvam a CER;
- iii. O objetivo principal da CER deve ser a promoção de benefícios ambientais, económicos e sociais para os seus membros ou para as comunidades onde atuam, em vez dos lucros financeiros.

Consoante a atividade em questão, a CER pode envolver a criação de uma pessoa coletiva, que podem tomar as seguintes formas jurídicas: [14], [15]

- Associações;
- Sociedades Comerciais;
- Cooperativas;
- Fundações.

Existe outro conceito as Comunidades de Energia Cidadã (CEC), definidas na Diretiva de Energia Interna de Mercado da Eletricidade (IEMD), partilham algumas características com as CER, mas diferem na abrangência geográfica e na possibilidade de incluir fontes não renováveis. Mais detalhes sobre este conceito encontram-se na página 74.

2.3.1. Diferentes formas de criação de uma pessoa coletiva

As pessoas coletivas podem assumir diferentes formas jurídicas, consoante os objetivos, a estrutura organizacional e a atividade pretendida. As principais formas existentes em Portugal são: associações, sociedades comerciais, cooperativas e fundações. Cada uma destas entidades possui requisitos específicos para a sua constituição, bem como custos e procedimentos distintos. Além disso, beneficiam de diferentes regimes fiscais e têm associadas obrigações fiscais próprias, conforme estabelecido na legislação em vigor.

As informações detalhadas relativas ao processo de criação, custos estimados, bem como os benefícios e obrigações fiscais de cada tipo de pessoa coletiva, encontram-se organizadas na página 75. Adicionalmente, na página 77 encontram-se descritos os principais passos para a criação de uma CER em Portugal.

2.3.2. Benefícios das CER

As CER têm o objetivo de proporcionar diversos benefícios às comunidades, incluindo vantagens económicas, ambientais e sociais, ao promoverem a produção e o consumo local de energia renovável. Além de impulsionarem o desenvolvimento económico local de forma sustentável, criam oportunidades diretamente ligadas ao território, fomentando a geração de emprego tanto em áreas urbanas como rurais. Segundo um estudo de 2019 apoiado pela Agência Francesa de Energia (ADEME), o valor económico de projetos de energias renováveis comunitárias é três vezes superior ao de iniciativas similares de propriedade privada. [16], [21]

A determinação dos intervenientes locais em promover a resiliência e preservar o meio ambiente tem sido um dos principais motores dessas comunidades. Em 15 Estados-Membros da União Europeia, há uma colaboração ativa com as autarquias para o desenvolvimento de um sistema energético descarbonizado, seguindo uma abordagem de

base. Um estudo de 2018, no contexto do projeto H2020 REScoop PLUS, demonstra que os membros das cooperativas de energia conseguem reduzir o consumo de eletricidade em até 11% em habitações semelhantes. Além disso, promovem uma abordagem sistêmica da transição energética e apoiam a renovação de edifícios. [16], [21]

A participação ativa da comunidade desempenha um papel essencial no sucesso destas iniciativas. Muitas cooperativas de energia têm desenvolvido programas para combater a pobreza, destinando os lucros obtidos com fontes renováveis ao apoio dos membros mais vulneráveis. A solidariedade local surge, assim, como um fator determinante na consolidação das comunidades de energia. [16], [21]

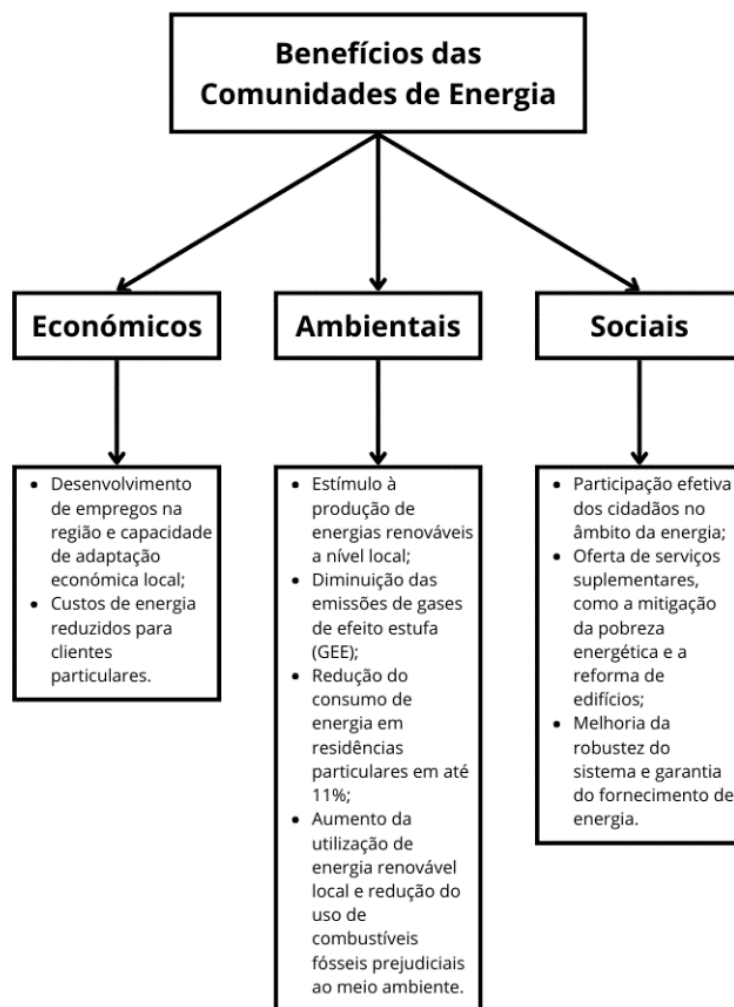


Figura 8- Benefícios da criação de CER [16], [21]

2.3.3. Barreiras à implementação de CER

As barreiras à implementação de uma CER podem ser agrupadas em quatro categorias principais: [22]

- Ambientais;
- Económicas;
- Sociais;
- Estruturas legais e regulatórias.

Existem desafios ambientais associados ao desenvolvimento de CER, tais como possíveis impactos negativos na natureza, a degradação do solo e a contaminação das águas. Tais obstáculos podem dificultar a realização de projetos de CER. [22]

A escassez de recursos financeiros representa um desafio à participação em CER. A disponibilidade de financiamento e subsídios desempenha um papel crucial, mas também pode ser uma barreira à criação dessas iniciativas, dependendo da sua disponibilidade. Nas fases iniciais dos projetos de CER, obter financiamento é uma tarefa árdua, o que leva à necessidade de os membros contribuírem com capital próprio. Deste modo, cria-se uma barreira à entrada, especialmente para grupos mais vulneráveis. Superar os desafios financeiros associados à criação e participação de projetos de CER pode ser possível através de financiamento público, subsídios e apoio especializado. Elementos de mercado, como flutuações nos preços da eletricidade, a introdução de mercados de flexibilidade e novas tarifas de rede, também podem representar desafios para a implementação de projetos de CER, dependendo das condições específicas do mercado energético local. [22]

A implementação de uma CER enfrenta desafios relacionados à aceitação social, confiança e conscientização. Um dos principais entraves é a desconfiança em relação a formas coletivas de propriedade, muitas vezes influenciada por históricos locais negativos. Além disso, a falta de compreensão sobre o conceito de energia comunitária dificulta a adesão a esses projetos. Fatores individuais, como idade, género, ocupação e contexto geográfico, também influenciam a percepção e o envolvimento da população. [22]

O discurso nacional e local sobre energias renováveis e energia comunitária pode afetar significativamente a sua atratividade. A justiça energética, um princípio que defende o acesso equitativo a recursos energéticos e a participação ativa de todos os consumidores na transição energética, ainda é pouco explorada nesses debates. Além disso, para que os cidadãos se envolvam ativamente nesses projetos, é essencial que existam pré-condições locais favoráveis, como disponibilidade de competências e recursos. No entanto, mesmo quando essas condições estão presentes, a falta de tempo disponível pode ser uma barreira adicional ao envolvimento comunitário. [22]

As barreiras legais à implementação de uma CER podem resultar de regulamentações inadequadas ou de adaptações insuficientes das diretrizes europeias ao contexto nacional. Em alguns casos, a relutância do governo em promover mudanças significativas nos sistemas de energia centralizados pode levar à criação de regulamentações que dificultam a participação de novos atores em sistemas descentralizados. A falta de um quadro regulatório favorável pode, assim, comprometer o desenvolvimento dessas iniciativas. [22]

Tabela 2- Barreiras provenientes da criação de CER [22]

BARREIRAS À CRIAÇÃO DE CER	
ASPECTOS AMBIENTAIS	• Preservação da natureza.
ASPECTOS ECONÓMICOS	• Falta de recursos financeiros; • Flutuações nos preços da eletricidade; • Introdução de mercados de flexibilidade; • Novas tarifas de rede.
ASPECTOS SOCIAIS	• Aceitação social; • Confiança; • Conscientização; • Falta de tempo dos cidadãos.
ESTRUTURAS LEGAIS E REGULATÓRIAS	• Regulamentações inadequadas.

2.3.4. Limitações geográficas em Portugal

No contexto de comunidades de energia existem limitações relativamente à distância entre as UPAC e as IU, dependendo dos níveis de tensão das ligações. Sendo as limitações as seguintes: [23]

- Para UPAC que estão conectadas à Rede de Distribuição de Energia Elétrica (RDE) em Baixa Tensão (BT), a IU e a UPAC não podem estar separadas por uma distância geográfica maior do que 2 km, ou como alternativa estejam ligadas ao mesmo posto de transformação em BT;

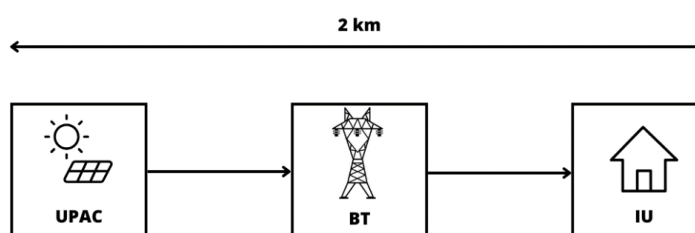


Figura 9- Limite de distância máxima entre uma UPAC e uma IU no caso uma RDE em BT [14]



Figura 10- Alternativa de UPAC e IU conectadas ao mesmo posto de transformação [23]

- Estejam conectadas à mesma subestação, no caso de as UPAC estarem ligadas à Rede de Distribuição (RND) e à Rede de Transmissão (RNT). Caso não estejam ligadas à mesma subestação, a distância geográfica entre as UPAC e as IU não pode exceder 4 km para conexões em Média Tensão (MT), 10 km para conexões em Alta Tensão (AT) e 20 km para conexões em Muito Alta Tensão (MAT).

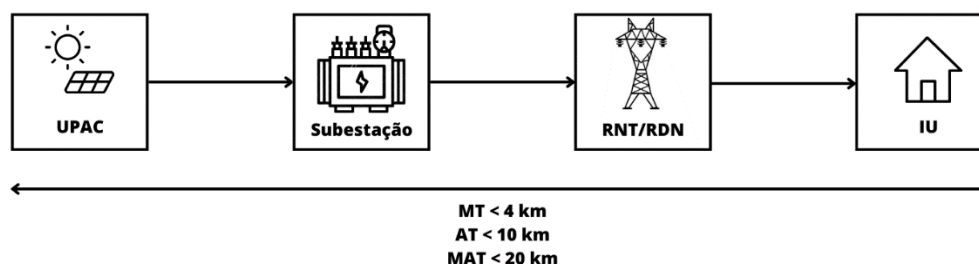


Figura 11- Limites de distância entre as UPAC e as IU nos casos de MT, AT, MAT [23]

- No caso de as UPAC, IU e IA se localizarem em territórios de baixa densidade, conforme definidos na portaria dos membros do governo responsáveis pela área de energia e coesão territorial, as distâncias referidas anteriormente são aumentadas para o dobro, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 99/2024, de 3 de dezembro, que transpõe parcialmente a Diretiva RED III e alterou o Decreto-Lei n.º 15/2022.

2.3.5. Principais instrumentos de financiamento

De forma geral, os mecanismos de financiamento aplicados nos países da União Europeia (UE) incluem: [24]

- Redução das sobretaxas na rede elétrica;
- Apoio financeiro para investimentos;
- Apoio operacional;
- Financiamento através de crowdfunding e microempréstimos.

A redução das tarifas da rede elétrica muitas vezes envolve a diminuição de impostos e sobretaxas, traduzindo-se numa medida de apoio. Por outro lado, a introdução de tarifas específicas para o uso da rede elétrica em nível local é impulsionada pelo requisito da União Europeia de estabelecer tarifas que reflitam os custos reais de transporte e distribuição de energia. Na prática, é difícil distinguir claramente entre essas duas intenções. É essencial notar que as tarifas reduzidas geralmente não se aplicam ao consumo total de uma comunidade de energia, mas apenas à eletricidade que é partilhada ou consumida pela própria comunidade. [24]

Em Portugal, as CER estão isentas do pagamento dos Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) nas tarifas de acesso às redes para a energia autoconsumida através da RESP. Esta isenção é válida por um período de sete anos, a contar da data de início de exploração do projeto de autoconsumo ou da CER. [25]

Vários países da UE oferecem apoio financeiro às CER, além dos programas de apoio que já existem para tecnologias e atividades específicas, como fotovoltaica e armazenamento e renovação de edifícios que são comuns na maioria dos países da UE. Por exemplo, a Chéquia planeia fornecer apoio financeiro às comunidades de energia através do seu Fundo de Modernização. Neste momento, cerca de 1,5% desse fundo (cerca de 81 milhões de euros) está reservado para auxiliar na criação de projetos de energia comunitária (Fundo Ambiental do Estado da Chéquia, 2020). Na Áustria, as comunidades de energia que estão a surgir podem solicitar uma subvenção inicial de 25 000 euros. Além disso, a Dinamarca anunciou no final de 2021 que fornecerá apoio financeiro anual (aproximadamente 0,672 milhões de euros) entre 2022 e 2025 para comunidades de energia locais e iniciativas climáticas locais. [24]

Na Irlanda, as CER fazem parte do “Renewable Electricity Support Scheme” (RESS). Uma parte da capacidade de apoio leiloadada é reservada para projetos liderados pela comunidade. Como resultado do leilão, os projetos recebem contratos que garantem um preço fixo para a eletricidade fornecida por até 16,5 anos. Na Itália, o autoconsumo de eletricidade pela comunidade de energia é incentivado com uma tarifa de 110 €/MWh.[24]

As plataformas de crowdfunding ajudam a suprir a dificuldade de obtenção de financiamento junto a bancos e outras instituições financeiras, que muitas vezes recusam apoio devido ao pequeno porte dos projetos e à ausência de garantias ou ativos. Ao ampliar o grupo de potenciais investidores, o crowdfunding torna-se uma alternativa especialmente relevante quando a base de investidores locais é insuficiente para viabilizar os projetos. Além disso, pode preencher a lacuna de financiamento para modelos de negócios inovadores, seja como complemento ou substituto do financiamento público. O financiamento pode ser organizado de quatro maneiras diferentes: com base em doações, recompensas, empréstimos e participações. Nas campanhas baseadas em doações, os doadores, não recebem nada em troca das suas contribuições. Os investidores em campanhas com base em recompensas, recebem bens ou serviços em troca das suas contribuições. Aqueles que contribuem para uma campanha de crowdfunding com base em empréstimos recebem pagamentos de juros como retorno pelo financiamento de um projeto. O financiamento com base em empréstimos é uma forma de microempréstimo, onde os investidores podem escolher um projeto com uma data final e taxa de retorno associada. Por fim, os investidores em campanhas de crowdfunding com base em participações recebem ações dentro do projeto em troca das suas contribuições. Devido à ampla gama de investidores, os projetos financiados com recurso a capital de investidores ou doadores privados, geralmente incorporam benefícios significativos para a sociedade e o meio ambiente nos seus resultados, tais como a promoção de energias renováveis, a criação de empregos locais, a melhoria da infraestrutura comunitária e a redução das emissões de carbono. [24]

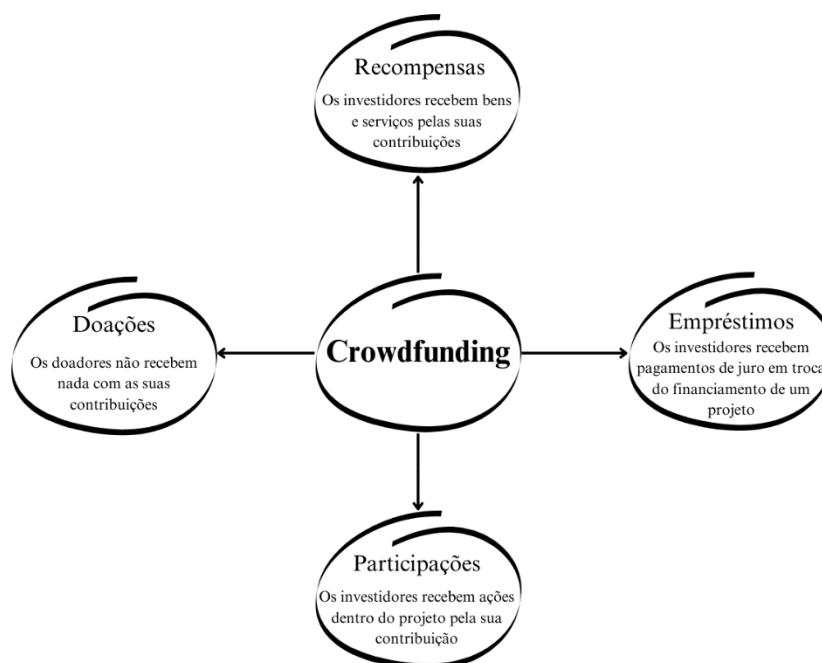


Figura 12- Diferentes tipos de Crowdfunding [24]

Em Portugal, a implementação de CER enfrenta diversas necessidades e barreiras financeiras.

Necessidades financeiras:[26]

- Para auxiliar no financiamento inicial de sistemas de produção de energia renovável, o que inclui o suporte técnico e a aquisição da infraestrutura necessária e o terreno. Isto é válido para qualquer entidade que não dispõe de recursos suficientes financeiros para cobrir os custos iniciais por conta própria;
- Para despendar recursos financeiros para o apoio jurídico necessário na criação de CER, compreendendo a definição da sua estrutura legal e regulamentação interna;
- Para oferecer suporte às pessoas em situação de vulnerabilidade na criação de CER, incluindo o investimento nas instalações de energia renovável e na estrutura de gestão e operação da iniciativa comunitária. Pessoas em situação de pobreza energética vão beneficiar bastante ao participar em CER, mas muitas vezes não dispõem dos recursos financeiros necessários para participar nessas iniciativas.

Quanto às barreiras financeiras:[26]

- Dificuldade em obter financiamento e incapacidade de assumir os riscos relacionados ao investimento em tecnologias de energias renováveis;
- Carência de mecanismos de financiamento específicos para iniciativas de energia comunitária e o conceito de prosumidores, bem como a incapacidade das CER de competirem com atores mais robustos do mercado no acesso a mecanismos de financiamento mais amplos.

2.3.6. Partilha de energia

A partilha de energia oferece às comunidades energéticas a oportunidade de se auto-organizarem, permitindo que cidadãos, empresas e autoridades locais estabeleçam as suas próprias diretrizes, especialmente no que se refere à fixação de preços. Há uma variedade de abordagens para facilitar essa partilha, que geralmente se enquadram em dois modelos fundamentais: o físico e o virtual. Estes modelos são regulamentados pelo documento coma referência [27].

Na partilha virtual de energia, as comunidades energéticas distribuem não apenas os lucros, mas também a energia gerada entre os seus membros. Embora a energia não seja fisicamente transferida, é realizado um acerto virtual, onde os excedentes de energia gerados por um membro são contabilizados e utilizados para equilibrar o consumo dos demais.

Já a partilha da produção local através de redes comunitárias físicas envolve a distribuição por via de uma infraestrutura física de energia própria da comunidade. Isso pode ser especialmente relevante para áreas remotas, como ilhas, onde uma rede de própria da comunidade pode ser mais adequada.

Abaixo estão três modelos de partilha de energia que refletem o contexto europeu e a experiência das comunidades energéticas:

1. Instalações de produção centralizada de energia renovável pertencentes à comunidade: A energia renovável é produzida numa instalação de propriedade da comunidade e distribuída entre os membros através de medidores de energia individuais. O excedente de energia pode ser vendido no mercado por um fornecedor, seja na comunidade ou um fornecedor externo.
2. Instalações de produção distribuída de energia renovável pertencentes à comunidade: A energia é produzida em diversas instalações de propriedade da

comunidade, incluindo habitações de membros individuais, e partilhada diretamente entre os membros. O excedente de energia pode ser vendido no mercado por intermédio dos fornecedores dos membros.

3. Instalações de produção distribuída de energia renovável de propriedade individual dos membros da comunidade: Neste cenário, os membros da comunidade produzem energia nas suas próprias instalações e partilham a energia produzida com outros membros. A partilha é gerida pela EGAC, que é responsável pela distribuição da energia entre os membros, garantindo um equilíbrio entre a produção e o consumo. A energia excedente produzida pode ser vendida no mercado através dos fornecedores dos membros que produzem energia. A gestão pode ser feita através de acordos de compra direta ou utilizando uma plataforma digital que facilita a partilha e os acertos de energia, mas sempre com a intervenção da EGAC.

Cada modelo tem implicações legais e operacionais específicas, e a viabilidade de implementação depende da legislação nacional e das preferências da comunidade.

2.3.7. Coeficientes de partilha

Os coeficientes de partilha traduzem-se em percentagens que indicam como a energia produzida é distribuída entre os membros da comunidade. A responsabilidade de escolher o modo de partilha em ACC recai sobre a EGAC, que comunica ao ORD os parâmetros necessários. A partilha abrange a energia injetada na rede por diferentes fontes, identificadas durante o controlo prévio do autoconsumo. A partilha de energia é regulamentada pelo documento com a referência [28].

A partilha de energia ocorre exclusivamente nos períodos com produção de excedente de energia renovável, exceto em situações de partilha dinâmica. O ORD decide sobre a utilização da RESP na partilha entre instalações, seguindo as regras aplicáveis. O excedente total do autoconsumo é atribuído a cada instalação que injeta energia na rede, de acordo com as regras de partilha.

O cálculo da partilha de energia em autoconsumo é feito a cada 15 minutos, com base nos registos de consumo e produção realizados pelos equipamentos de medição. Alterações no modelo de partilha comunicadas pela EGAC, com impacto na faturação, são implementadas pelo ORD em sete dias, podendo ser retroativas ao período de faturação seguinte.

A energia partilhada torna-se definitiva após a determinação do ORD. A ERSE pode aprovar procedimentos detalhados para a partilha de energia em AC. Adicionalmente, o ORD apresenta propostas de regras detalhadas à ERSE para a partilha em modo dinâmico e hierárquico, após projeto-piloto, buscando a aprovação necessária.

Os coeficientes de partilha podem ser calculados de diversas maneiras, e em função de coeficiente diversos parâmetros, sendo que estes coeficientes podem ser de quatro tipos distintos: [29], [30], [31], [32], [33]

- Coeficientes de partilha fixos;
- Coeficientes de partilha proporcionais;
- Coeficientes de partilha hierárquicos;
- Coeficientes de partilha dinâmicos.

O seu cálculo vai ser efetuado com base nos consumos medidos nas IU e na produção energética das UPAC, e podem ter objetivos diversos como por exemplo: [29]

- Poupanças de energia;

- Redução de Gases de Efeito de Estufa;
- Taxas de AC;
- Eficiências energéticas.

2.3.7.1. Coeficientes de partilha fixos

Os coeficientes de partilha fixos são, como o nome indica, fixos e não sofrem alterações ao longo do tempo. É atribuído a cada membro da CER um coeficiente com um valor entre 0 e 1, que representa a proporção da energia total disponível para partilha a que terá direito. A definição desses coeficientes é de responsabilidade da entidade gestora e é registada numa plataforma da E-Redes. É importante notar que esta plataforma verifica apenas se a soma de todos os coeficientes atribuídos é igual a 1, assegurando que não haja perdas de energia (caso a soma seja menor que 1) ou excesso de energia (caso a soma seja maior que 1). Esta verificação garante uma distribuição correta da energia entre os membros da CER e evita discrepâncias que possam prejudicar o sistema. [29], [30], [31], [32], [33]

Os coeficientes fixos podem ser definidos com base no consumo individual de cada membro, sendo que este cálculo é efetuado para cada membro i através da seguinte fórmula: [33]

Equação 1 - Coeficientes de partilha fixos do membro i

$$CF_i = \frac{Total_{C_i}}{\sum_{j=1}^N Total_{C_i}}$$

Onde:

- CF_i : coeficiente de partilha fixo do membro i ;
- $Total_{C_i}$: soma de todos os consumos do edifício do membro i ;
- N : número total de membros da comunidade.

A determinação dos coeficientes de partilha é realizada em função da proporção do consumo de energia de cada membro em relação ao consumo total da comunidade durante um determinado período. Isso significa que a alocação de coeficientes tem em consideração a parcela de energia consumida por cada membro em relação ao consumo global da comunidade ao longo desse período. [33]

2.3.7.2. Coeficientes de partilha proporcionais

São coeficientes proporcionais a um único parâmetro e definidos para períodos de 15 minutos. Os coeficientes de partilha podem ser proporcionais ao consumo e, por isso, são recalculados a cada 15 minutos, correspondendo ao período de integração das medições de consumo de energia dos edifícios. Esses coeficientes são determinados utilizando a seguinte fórmula: [33]

Equação 2 - Coeficiente de partilha proporcionais ao consumo do membro i

$$CV_i(t) = \frac{EC_i(t)}{\sum_{j=1}^N EC_i(t)}$$

Onde:

- t : período quarto-horário considerado para o cálculo do coeficiente;
- CV_i : coeficiente de partilha proporcional ao consumo do membro i ;
- EC_i : energia consumida pelo edifício do membro i ;

- N: número total de membros da comunidade.

Devido à natureza variável destes coeficientes, a energia é direcionada apenas para as IU que demonstrem uma necessidade de consumo durante o período específico. Resultando numa distribuição de energia mais eficiente na comunidade. Esta abordagem garante que a energia seja alocada de forma mais eficiente atendendo às necessidades dinâmicas dos membros da comunidade. [29], [30], [31], [32], [33]

Estes coeficientes também podem ser calculados com base em outros parâmetros que não o consumo, como por exemplo tendo em consideração os preços de energia em cada intervalo de tempo de cada consumidor. Sendo que o cálculo se efetua com a mesma lógica descrita anteriormente.

2.3.7.3. Coeficientes de partilha hierárquicos

Os coeficientes de partilha hierárquicos são calculados com base em critérios válidos e em intervalos de 15 min através da seguinte fórmula:[29], [33]

Equação 3 - Coeficiente de partilha hierárquico

$$CH_i(t) = F_1 * \frac{A_i(t)}{\sum_{i=1}^N A_i(t)} + F_2 * \frac{B_i(t)}{\sum_{i=1}^N B_i(t)} + F_3 * \frac{C_i(t)}{\sum_{i=1}^N C_i(t)} + \dots$$

Onde:

- t: período quarto-horário considerado para o cálculo do coeficiente;
- CH_i: coeficiente de partilha hierárquico do membro i;
- A_i, B_i e C_i: representam os critérios válidos considerados;
- F: fator de ponderação atribuído pela entidade gestora aos respetivos critérios;
- N: número total de membros da comunidade

A soma dos fatores de ponderação tem de ser igual a 1.

Os critérios considerados podem ser variados, tais como consumos, produções energéticas, armazenamentos locais, preços de energia e investimentos efetuados.

Esta abordagem pode levar a uma partilha de energia mais justa e mais eficiente.

2.3.7.4. Coeficientes de partilha dinâmico

São definidos pela EGAC apenas após conhecimento da energia consumida e produzida pelos diferentes membros. No modo de partilha dinâmico, a EGAC informa o ORD posteriormente, num prazo compatível com o ciclo de faturação mensal. Essa comunicação inclui a energia partilhada ou coeficientes entre cada instalação que injetou e aquela que recebeu energia na rede. Estes coeficientes são regulamentados pelo documento referenciado com o número [28].

O ORD valida os coeficientes e informa os resultados, permitindo correções dentro do prazo estipulado.

Se a EGAC não comunicar ou comunicar dados inválidos dentro do prazo estipulado, a partilha passará a ser gerida definitivamente pelo ORD, que utilizará coeficientes proporcionais ao consumo para essa partilha.

O ORD garante à EGAC acesso eficiente aos dados, providenciando o acesso automático. A opção da EGAC pela partilha dinâmica não exclui a necessidade de obter o consentimento dos titulares dos dados pessoais, quando aplicável.

O ORD divulga e mantém atualizados, na sua página, o modelo e formato dos dados, juntamente com prazos de comunicação.

2.3.8. Diferenças da transposição das definições de CER e de CEC na Europa

Na seguinte figura é possível visualizar o nível de incorporação das definições de CER e de CEC dispostas pela União Europeia nos diferentes países.

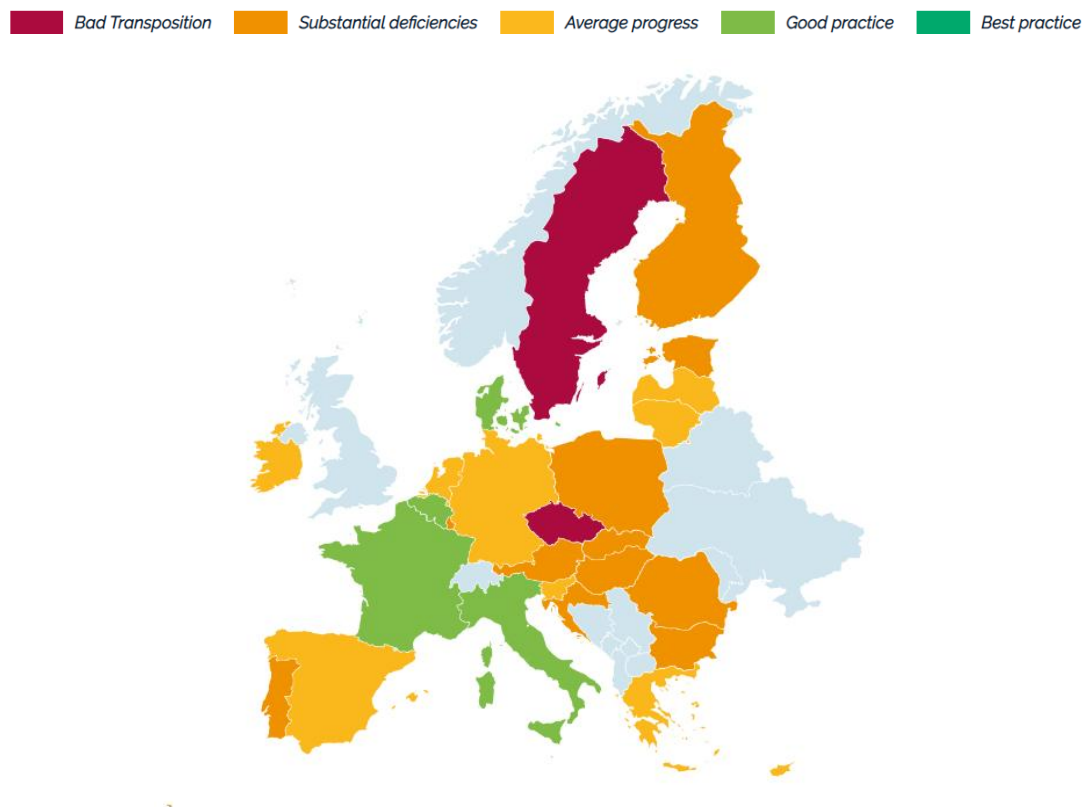


Figura 13- Diferenças da transposição das definições de CER e CEC na Europa [34]

Pode-se observar que na maioria dos países não existem boas transposições destas definições, dispondo de normas que abordam pouco as CER ou não a abordam da melhor maneira. Este é um dos maiores problemas para a implementação de CER, o qual deve ser resolvido com vista a facilitar o processo de criação de comunidades nos diferentes países. Por exemplo, em Portugal, o Decreto-Lei 162/2019 facilitou a criação de CER ao definir claramente as regras para o autoconsumo coletivo e as comunidades de energia renovável. No entanto, este decreto foi revogado pelo Decreto-Lei n.º 15/2022, que estabelece as novas diretrizes para as CER e o autoconsumo, reorganizando o setor elétrico num único diploma e introduzindo regras mais claras para a criação de comunidades de energia, simplificação de procedimentos, maior flexibilidade na partilha de energia e um enquadramento mais alinhado com a Diretiva Europeia RED II. Na Alemanha, a Lei de Energia Renovável (EEG 2021) inclui disposições específicas para apoiar CER, oferecendo incentivos financeiros e subsídios. Em Espanha, o Real Decreto 244/2019 estabelece o quadro regulatório para o autoconsumo e a partilha de energia em comunidades energéticas, incentivando a participação dos consumidores. [35]

Entre 2022 e 2024, várias CER surgiram tanto em Portugal quanto na Europa, demonstrando o crescimento contínuo deste setor. Em Portugal, a Comunidade de Energia Renovável de Vila Boa do Bispo, criada em 2022, utiliza energia solar para fornecer eletricidade a diversos edifícios públicos e privados da localidade. A

comunidade foi desenvolvida em parceria com a Coopérnico, incluindo a instalação de painéis solares em várias instalações municipais, como a Junta de Freguesia e a Casa do Povo. Outra iniciativa significativa em Portugal é a CER da Ilha da Colatra, que promove o autoconsumo coletivo de energia solar, permitindo que vários membros da comunidade partilhem a energia produzida por painéis solares instalados em diferentes pontos da ilha. [36], [37]

2.3.9. Potencial de Partilha de Energia em Portugal

Para avaliar o potencial de partilha de energia das UPAC dentro de um distrito em Portugal, foram utilizados dados provenientes do portal OPEN DATA. O Portal Open Data da E-REDES, lançado em 2022, é uma plataforma que disponibiliza informações detalhadas sobre a rede de distribuição de energia elétrica em Portugal, incluindo consumos de energia, qualidade do serviço elétrico, energias renováveis e mobilidade elétrica. A iniciativa visa promover a transição energética, apoiar projetos de cidades inteligentes e incentivar a investigação científica em parceria com instituições académicas. Destinado a autarquias, investigadores e empresas, o portal facilita o planeamento de estratégias locais, o desenvolvimento de estudos e a criação de soluções inovadoras no setor energético. A análise considerou a capacidade de receção da rede, os consumos existentes e as produções das UPAC já instaladas. Esses dados incluem o Consumo Anual por Distrito, a Potência Total Instalada em UPAC por Distrito (cuja produção foi estimada com recurso ao PVGIS) e a Capacidade de Receção na Rede Nacional de Distribuição (RND). [38], [39]

Estes três parâmetros foram normalizados numa escala de 1 a 10, com base nos valores máximos e mínimos observados a nível nacional. A média aritmética das três normalizações foi utilizada para calcular um índice global de potencial de partilha de energia, refletindo a capacidade de cada distrito para integrar, redistribuir e consumir energia renovável de forma eficiente. Este método possibilita uma comparação entre os distritos de Portugal, refletindo a capacidade de cada região integrar e distribuir energia renovável de forma eficiente. [38], [39]

Tabela 3 - Potencial Para Partilha de Energia [38], [39]

Distrito	Potência total Instalada UPAC (MWp) [38]	Número de instalações [38]	Produção Específica Média [kWh/kWp] [39]	Produção estimada média anual [MWh]	Consumo Total 2023 [MWh] [38]	Razão entre Produção e Consumo [%]	Capacidade de receção MT+AT [MVA] (Último Trimestre) [38]	Potencial para UPACs com Partilha de Energia
Aveiro (11)	208	18886	1459,33	303173	4306315	7,04	402,70	5
Beja (2)	53	3596	1624,06	86878	1199635	7,24	24,50	4
Braga (17)	198	27639	1374,69	272310	3454683	7,88	812,95	6
Bragança (14)	18	3504	1509,07	27456	389376	7,05	59,30	4
Castelo Branco (9)	44	5372	1602,96	70521	828228	8,51	74,30	5
Coimbra (10)	84	11993	1377,94	115263	2381200	4,84	417,80	3
Évora (3)	38	4427	1606,66	60709	790388	7,68	62,10	5
Faro (1)	79	12233	1746,55	138517	2471742	5,6	1112,22	5
Guarda (13)	22	3612	1540,32	342390	482501	7,1	40,90	4
Leiria (8)	149	15391	1493,72	222155	2526095	8,79	279,87	6
Lisboa (6)	194	26188	1599,78	310827	8808837	3,53	4223,60	9
Portalegre (7)	22	2595	1581,16	34043	481631	7,07	0,00	4
Porto (16)	250	31562	1506,49	377125	7494853	5,03	2438,76	7
Santarém (5)	110	14586	1571,84	172262	2121840	8,12	25,50	5
Setúbal (4)	99	21224	1622,26	161032	5009443	3,21	946,00	3
Viana do Castelo (18)	39	6526	1482,42	58493	1093879	5,35	102,10	3
Vila Real (15)	25	5910	1462,09	36337	574106	6,33	93,50	4
Viseu (12)	80	11517	1506,35	120527	1373293	8,78	309,70	6

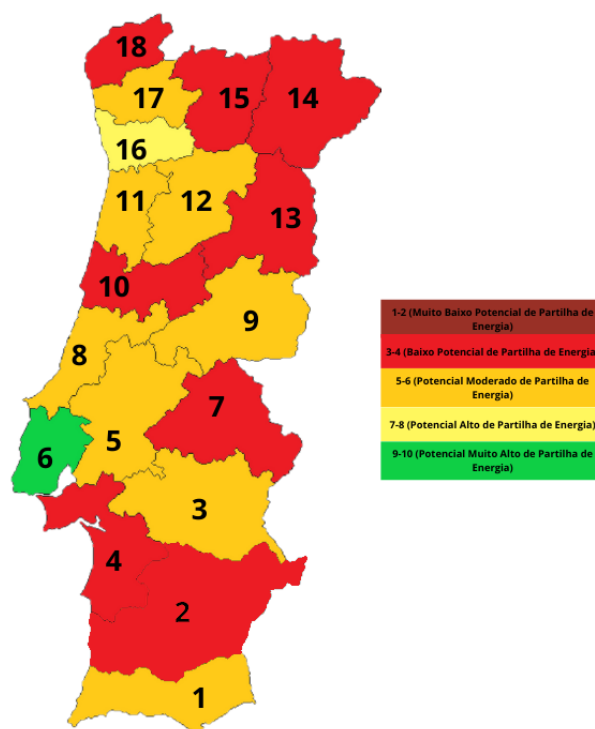


Figura 14- Diferenças do Potencial de Partilha Energética em UPAC em Portugal

O panorama atual do potencial da rede para receber e partilhar energia em Portugal revela disparidades significativas entre os diferentes distritos. Regiões como Lisboa e Porto apresentam elevado potencial devido à sua infraestrutura robusta e, consequentemente, à elevada capacidade de receção, enquanto distritos como Coimbra e Setúbal enfrentam maiores limitações.

Para melhorar a capacidade de partilha de energia, é essencial investir no reforço da rede elétrica, promover a instalação de UPAC, incentivar a criação de comunidades de energia renovável e integrar soluções de armazenamento para otimizar a redistribuição dos excedentes. Esta otimização pode ser alcançada de várias formas, não apenas economicamente, mas também através de melhorias tecnológicas e operacionais.

Por exemplo, a utilização de sistemas inteligentes de gestão de energia, que equilibram automaticamente a produção e o consumo, a implementação de tarifação dinâmica que incentiva o consumo em períodos de baixa procura, e o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, que permitem guardar o excedente para uso posterior. Estas medidas promovem um sistema energético mais equilibrado e sustentável.

O distrito de Évora apresenta uma situação relevante e equilibrada no contexto da transição energética. Com uma potência total instalada em UPAC de cerca de 37,8 MW e uma produção específica média de 1606,66 kWh/kWp, estima-se uma produção anual de cerca de 60,7 GWh, o que representa 7,68% do consumo total do distrito.

A capacidade de receção da rede (62,1 MVA) permite a expansão da produção de energia distribuída e para a partilha de excedentes de energia entre diferentes instalações de consumo. A avaliação global do distrito resultou num índice de 5 numa escala de 1 a 10, colocando Évora num patamar intermédio, mas com potencial claro de crescimento.

Esta análise é particularmente relevante para o desenvolvimento de em zonas do interior do país, como Évora, onde há espaço para instalação de UPAC, boa radiação solar e uma boa disponibilidade para partilha local de energia.

Assim, o distrito de Évora representa um caso de estudo adequado para a implementação de projetos-piloto de CER ou ACC, com possível replicação noutras regiões com características semelhantes.

3. Modelo de simulação de gestão técnica e económica de uma Comunidade Energética

O Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro, refere que na ausência de coeficientes fixos para a repartição da eletricidade autoconsumida entre os membros de um regime de autoconsumo coletivo ou de uma comunidade de energia renovável, torna-se obrigatória a implementação de um modelo de gestão que assegure a regulação e a equidade na partilha da eletricidade produzida. Com o objetivo de cumprir este critério, desenvolveu-se um modelo de simulação para analisar e otimizar a gestão técnico-económica de uma Comunidade Energética.

A Universidade de Évora, no âmbito do projeto PRR-ATE, subprojeto 3.05, está a constituir um ACC denominado EU-SHARING, cujo desenvolvimento serve de base para o modelo em questão. Posteriormente, no âmbito desse projeto, este modelo servirá de base para o desenvolvimento de um software de gestão de CER, num ambiente de programação mais fácil para o utilizador.

Este modelo, desenvolvido em MATLAB, divide-se em 10 etapas, conforme exemplificado na Figura 15.

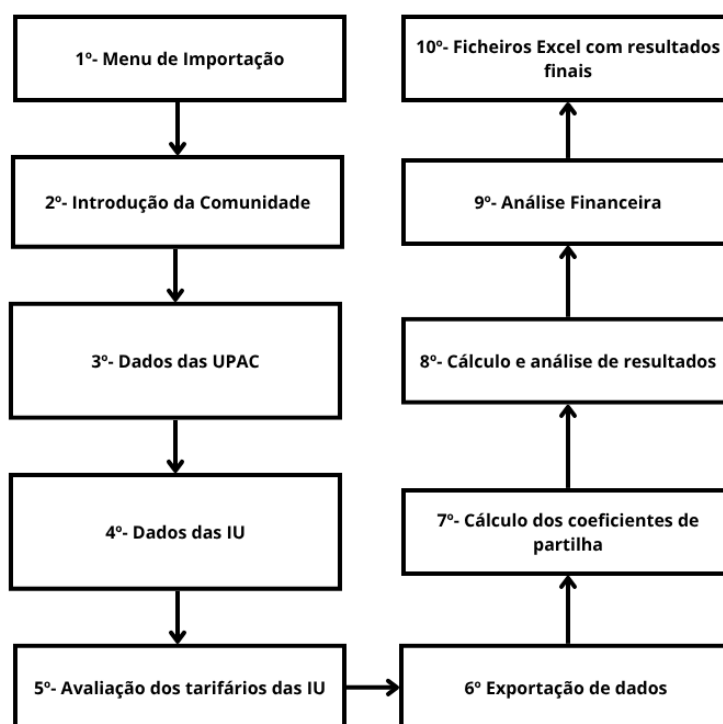


Figura 15- Etapas do modelo de simulação

O objetivo principal do modelo é permitir a análise do método de partilha de energia mais vantajoso para a comunidade em estudo. No final da simulação, pode ser exportado um ficheiro com os coeficientes de partilha de energia de cada IU e um ficheiro com todos os resultados da simulação, ambos em formato Excel (.xlsx).

Neste capítulo, explica-se em detalhe a constituição e o desenvolvimento de cada etapa do modelo de simulação desenvolvido.

3.1. Primeira Etapa

Esta etapa inicial consiste na importação de dados para efeitos de simulação. Para tal, desenvolveu-se uma interface interativa que solicita ao utilizador se deseja iniciar uma nova simulação ou importar dados a partir de um ficheiro Excel (.xlsx).

Caso o utilizador escolha "N" (não), o modelo procede à importação dos dados. Estes são obtidos através do ficheiro Excel e posteriormente convertidos em variáveis no MATLAB. Essas variáveis incluem informações relevantes para a análise, como o nome da comunidade, dados de produção e consumo de energia, nomes das UPAC e das IU, bem como informações relacionadas com as tarifas energéticas. Após a importação bem-sucedida, é exibida uma mensagem de confirmação, permitindo que se avance para a sétima etapa (cálculo de coeficientes de partilha).

Se o ficheiro não existir ou se a seleção for cancelada, o utilizador é notificado, e a execução do processo é encerrada. Caso o utilizador escolha "S" (sim), o modelo avança para a segunda etapa.

3.2. Segunda Etapa

Nesta etapa, o utilizador é solicitado a inserir o nome da comunidade, bem como o número de UPAC e IU. Após a inserção, o modelo valida os dados introduzidos e exibe uma mensagem de confirmação.

3.3. Terceira Etapa

Nesta etapa, o utilizador deve inserir o nome de cada UPAC e selecionar o ficheiro Excel associado, que contém os valores da produção de energia injetada na rede por cada UPAC, em kWh.

3.4. Quarta Etapa

Esta etapa solicita ao utilizador para inserir o nome de cada IU e selecionar o respetivo ficheiro Excel que contém os valores dos consumos energéticos para cada IU, em kWh.

3.5. Quinta Etapa

Nesta etapa solicita-se ao utilizador que insira para cada IU, os tipos de:

- ligação energética: BTN, BTE, MT, AT ou MAT;
- tarifa energética: simples, bi-horária ou tri-horária;
- ciclo energético: diário ou semanal.

Após inserção destes dados, o modelo solicita a inserção dos preços de energia, em €/kWh para os períodos de faturação em função da tarifa energética.

3.6. Sexta Etapa

Nesta etapa, as informações inseridas nas etapas anteriores são armazenadas e exportadas para um ficheiro Excel (.xlsx). O utilizador tem a opção de selecionar o local e definir o nome do ficheiro a ser guardado. Após a conclusão da exportação, é exibida uma mensagem de confirmação indicando o sucesso da operação e o nome do ficheiro criado. Caso o utilizador opte por não realizar a exportação, o processo é encerrado sem criar o ficheiro.

3.7. Sétima Etapa

Esta etapa permite ao utilizador selecionar qual o tipo de coeficiente de partilha que deseja usar na sua análise, tendo as seguintes opções:

- coeficientes de partilha fixos;
- coeficientes de partilha variáveis;
- coeficientes de partilha hierárquicos.

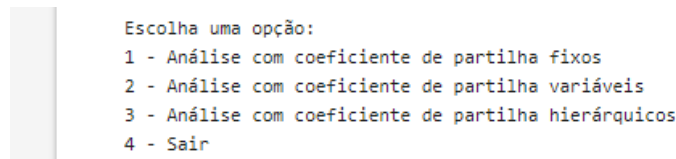


Figura 16- Menu inicial

Caso o utilizador selecione a primeira hipótese “Análise com coeficientes de partilha fixos”, é dada a possibilidade ao utilizador de introduzir os coeficientes de partilha fixos de cada IU, ou optar por uma hipótese onde o modelo efetua o cálculo de coeficientes de partilha fixos proporcionais ao consumo de energia anual de cada IU (cálculo efetuado com base na Equação 1). Caso seja selecionado a opção de coeficientes de partilha de energia fixos, a soma destes coeficientes tem de ser igual a 1.

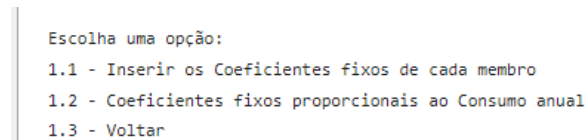


Figura 17- Submenu da opção com coeficientes de partilha fixos

No caso de o utilizador selecionar “Análise com coeficientes de partilha variáveis”, são oferecidas duas hipóteses (Figura 18). Na primeira hipótese, calculam-se os coeficientes de partilha variáveis com base nos consumos energéticos das IU (Equação 2) e na segunda hipótese, calculam-se os coeficientes de partilha variáveis com base nos preços de energia para cada IU. Este último cálculo faz-se através da seguinte equação:

Equação 4– Coeficientes Variáveis do membro i com base nos preços energéticos

$$CV_i(t) = \frac{PE_i(t)}{\sum_{j=1}^N PE_j(t)}$$

Onde:

- t: período quarto-horário considerado para o cálculo do coeficiente;
- CVi: coeficiente de partilha variável do membro i;
- PEi: Preço de energia do edifício do membro i;
- N: número total de membros da comunidade.

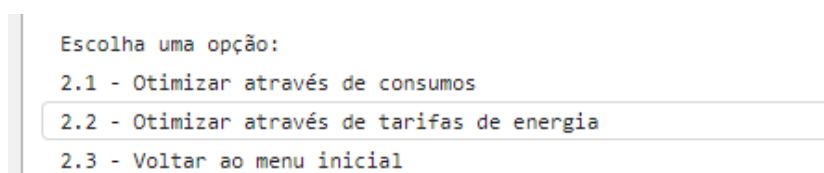


Figura 18- Submenu da opção com coeficientes de partilha variáveis

Por último, no caso de o utilizador seleccionar a terceira hipótese “Análise com coeficientes de partilha hierárquicos”, o utilizador é informado sobre quais os tipos de fatores de ponderação possíveis para utilizar no cálculo destes (preços de energia, consumos energéticos, potências instaladas, investimentos efetuados, nível de pobreza energética e potência de armazenamento de energia). Posteriormente, solicita-se ao utilizador que insira o valor de cada fator de ponderação de 0 a 1 (0 para não considerar esse fator). A soma dos fatores de ponderação tem de ser igual a 1. De seguida, solicitam-se dados adicionais referentes a cada tipo de fator para o modelo realizar o cálculo dos coeficientes com base na Equação 3.

Após o cálculo dos coeficientes de partilha (fixos, variáveis ou hierárquicos), o modelo determina a energia atribuída a cada IU. Esse valor corresponde à parcela da energia injetada na rede pelas UPAC que é destinada a cada IU.

3.8. Oitava Etapa

Nesta etapa, para cada IU, determina-se o consumo de energia atualizado, subtraindo o consumo energético pela energia partilhada com cada uma das outras IU e garantindo que os valores resultantes não sejam negativos. A energia partilhada com cada IU resulta da partilha da energia produzida pelas UPAC, que é injetada na rede. Posteriormente, determina-se, em períodos de 15 minutos, o consumo e a produção total de energia, que serve para determinar consumo anual de energia para a comunidade. Calcula-se também a energia poupada para cada IU, subtraindo o consumo energético total do edifício (antes da partilha de energia) pelo consumo após contabilização da energia partilhada; a energia poupada anual por IU; e a soma da energia poupada anual de todas as IU para obter a energia total poupada na comunidade.

No cálculo das taxas de autoconsumo em intervalos de 15 minutos de cada IU, calcula-se a relação entre a energia poupada e a energia recebida. Verificam-se, também, os excedentes de energia para cada IU, sendo estes obtidos pela diferença entre a produção de energia e o consumo energético atualizado.

A taxa de autoconsumo global, para cada IU e para a comunidade, é calculada com base na produção total de energia e na energia poupada. Determinam-se os preços de energia para cada IU, comparando-se com os preços de energia atualizados, permitindo determinar a poupança monetária alcançada.

Em termos de emissões de carbono, são definidos fatores de emissão específicos para diferentes fontes de energia. Com base na produção energética anual da comunidade, calculam-se as emissões evitadas, em quilogramas de CO₂ e, posteriormente, para o equivalente em árvores preservadas.

Por fim, calculam-se as emissões e as árvores preservadas correspondentes à energia partilhada com cada IU, baseando-se na energia partilhada.

Todas as fórmulas e a sua respetiva explicação encontram-se na página 79.

3.9. Nona Etapa

Nesta etapa solicita-se ao utilizador qual o tipo de análise financeira que pretende realizar: análise da comunidade, das IU ou de ambas. Dependendo da opção selecionada, o modelo realiza as seguintes ações: se o utilizador optar por analisar apenas a comunidade, o modelo solicita informações adicionais, nomeadamente, a potência instalada na comunidade e o preço de venda do excedente de energia. Após a inserção dos dados, o modelo calcula a análise financeira da comunidade, fornecendo uma tabela e os respetivos resultados financeiros.

Caso a escolha seja a análise das IU, é pedido ao utilizador quais os investimentos de CAPEX efetuados por cada IU na comunidade e qual o preço de venda do excedente de energia e é efetuado o cálculo da análise financeira específica para cada IU.

Se o utilizador preferir uma análise de ambas, comunidade e IU, é pedido ao utilizador a potência instalada na comunidade, preço de venda do excedente de energia e o investimento monetário efetuado por cada IU na comunidade e efetua uma análise financeira geral da comunidade e uma análise financeira de cada IU em específico.

Este tipo de análise, de cada IU em separado, é bastante útil para comunidades com diferentes entidades, onde cada entidade efetua o seu próprio investimento. Não sendo o caso da comunidade da Universidade de Évora, este modelo foi desenvolvido a pensar nas necessidades de outros tipos de comunidades constituídas por diferentes entidades.

As fórmulas consideradas nesta etapa e a sua respetiva explicação encontram-se nas páginas 91 e 100.

3.10. Décima Etapa

Na etapa final, os dados são organizados e guardados em ficheiros Excel. O utilizador escolhe o local e o nome do ficheiro para armazenar as variáveis calculadas na 8.^a e 9.^a etapas, que são gravadas em folhas separadas no mesmo ficheiro. Após a conclusão, é exibida uma mensagem indicando o sucesso ou falha da operação.

De seguida, o utilizador seleciona o local e o nome do ficheiro para guardar os coeficientes de partilha energéticos. Também neste caso, é apresentada uma mensagem confirmando o sucesso ou erro no processo de exportação.

Este procedimento garante a organização e exportação dos dados e resultados num formato estruturado, claro e acessível.

4. ACC da Universidade de Évora

A Universidade de Évora está a desenvolver um projeto que consiste na criação de um ACC, composto por 24 IU, localizadas tanto dentro como fora das muralhas da cidade. Considerando que o centro histórico de Évora é classificado como Património Mundial pela UNESCO desde 1986, existem restrições significativas à instalação de painéis solares fotovoltaicos nesta área, devido às limitações culturais e arquitetónicas. Para contornar essas restrições, o projeto propõe a instalação de sistemas de produção de energia solar fotovoltaica em edifícios fora do centro histórico, onde estas limitações não existem. A energia produzida por esses sistemas será partilhada entre as IU, incluindo as localizadas dentro do centro histórico, através de um esquema de partilha de energia.

O desenvolvimento deste ACC insere-se igualmente no âmbito do projeto PRR - Aliança para a Transição Energética, subprojeto 3.05. O principal objetivo deste ACC é a redução dos custos energéticos. Este facto confere ao projeto um carácter verdadeiramente inovador, ao combinar a preservação histórica com a sustentabilidade ambiental.

Neste capítulo, procede-se à análise deste ACC, que contempla a construção de 6 UPAC e a integração de 24 IU. Para cada UPAC, é desenvolvido um modelo 3D no software PV*SOL, com o objetivo de estimar a produção anual de energia. Posteriormente, são analisados os perfis de consumo de energia de cada IU.

Com base nos pressupostos apresentados, realizam-se duas análises utilizando o modelo de simulação desenvolvido:

1. Uma das análises considera a ausência de partilha de energia, isto é, 6 UPAC operando de forma individual em um sistema de ACI, com a venda do excedente de energia;
2. Outra análise avalia a implementação de um sistema de ACC.

Estas análises possibilitam identificar e quantificar potenciais vantagens do uso da partilha energética.

No cenário 2, com partilha de energia, os coeficientes de partilha de energia serão calculados, por meio do modelo de simulação desenvolvido, no qual serão definidos quatro cenários de cálculo:

- Coeficientes de partilha fixos, iguais para todas as IU;
- Coeficientes de partilha fixos, proporcionais ao consumo de energia total;
- Coeficientes de partilha variáveis, proporcionais aos consumos de energia em intervalos de 15 minutos;
- Coeficientes de partilha variáveis, proporcionais aos preços de energia em intervalos de 15 minutos;

A análise destes quatro cenários distintos, evidencia qual o cenário economicamente mais vantajoso.

4.1. Estrutura do ACC

O projeto prevê que 6 das 24 IU possuam UPAC, permitindo-lhes produzir a sua própria energia. As restantes IU beneficiarão da energia produzida pelas UPAC, através do esquema de partilha.

Para viabilizar este projeto, é necessário garantir um financiamento adequado. Caso o financiamento seja obtido, o ACC terá uma capacidade total de produção de energia solar fotovoltaica de cerca de 600 kWp. A capacidade específica de cada UPAC e a distribuição da energia produzida entre as IU serão determinadas com base nas necessidades energéticas de cada unidade e nas características dos edifícios envolvidos.

Este projeto visa não apenas promover a sustentabilidade energética, mas também respeitar e preservar o património cultural e arquitetónico de Évora, alinhando-se com as diretrizes estabelecidas para a área classificada como Património Mundial. O esquema de partilha de energia deste ACC é o seguinte:

Tabela 4 - Esquema de partilha do ACC da Universidade de Évora

UPAC	IU
Residência Manuel Álvares (Potência a instalar = 25.92 kWp)	Colégio Espírito Santo Baixa Tensão (CES BT)
Residência António Gedeão (Potência a instalar = 127.17 kWp)	Casa Cordovil
Residência Bento Jesus Caraça (Potência a instalar = 6.08 kWp)	Colégio Luís António Verney (CLAV)
Colégio dos Leões (Potência a instalar = 271.35 kWp)	Colégio Espírito Santo Média Tensão (CES MT)
	Colégio dos Leões Edifício de Apoio (EA)
	Residência das Alcaçarias
	Residência Eborim
	Residência Florbela Espanca
	Residência Portas de Moura
	Residência Sorar Marina
	Palácio do Vimioso
	Centro de Investigação Avançado (CIA)
	Associação Académica da Universidade de Évora (AAUE)
Pavilhão Gimnodesportivo (Potência a instalar = 68.89 kWp)	Colégio Espírito Santo Média Tensão (CES MT)
	Serviços de Ação Social da Universidade de Évora (SASUE)
	Serviços Administrativos (SADM)
Colégio Pedro da Fonseca (Potência a instalar = 101.25 kWp)	Serviços Informáticos (SI)
	Colégio Luís António Verney (CLAV)
	Refeitório do CLAV
	Colégio Mateus D'Aranda

A localização dos diferentes IU, UPAC e Subestações elétricas é mostrada na seguinte figura:

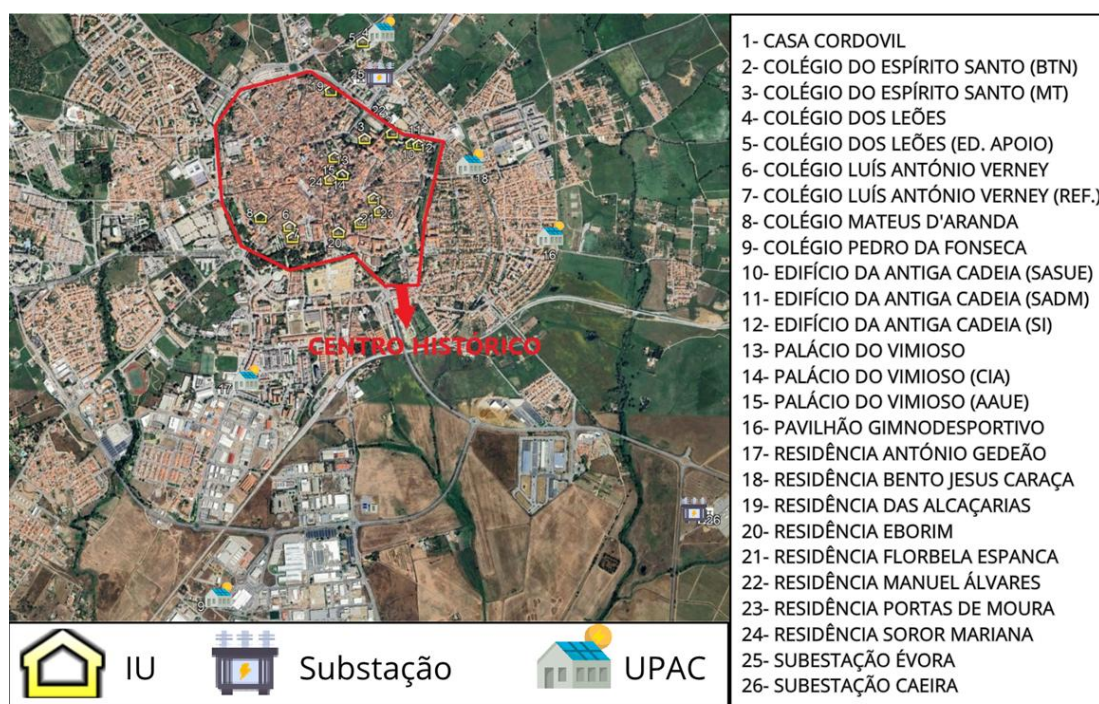


Figura 19- Mapa com a localização dos diferentes edifícios

Com recurso ao portal Open Data da E-Redes (apresentado na página 22), é possível verificar que a maioria das IU estão conectadas à Subestação de Évora, estando apenas o Colégio Pedro da Fonseca e a Residência António Gedeão conectados à Subestação da Caeira. Clarificou-se com a DGEG que, embora se trate de duas subestações diferentes, estas estão interligadas, eliminando assim quaisquer impedimentos no caso de existirem instalações pertencentes ao mesmo autoconsumo coletivo, mas ligadas a subestações distintas. [38]

Relativamente às distâncias geográficas entre as UPAC e as IU de cada ACC, como estamos num território de baixa densidade populacional, no caso de BT, todas as IU se encontram a menos de 4 km da UPAC. As IU em MT, distam a menos de 8 km da UPAC, conforme demonstra a seguinte tabela:

Tabela 5 - Distância Aproximadas entre UPAC e IU [km]

UPAC	Nível de Tensão da UPAC	IU	Distância aproximada entre UPAC e IU [km]
Residência Manuel Álvares	BTN	Colégio Espírito Santo (BTN)	0,14
Residência António Gedeão	BTE	Casa Cordovil	1,28
		Colégio Luís António Verney	0,91
Residência Bento Jesus Caraça	BTN	Colégio Espírito Santo (MT)	0,65
Colégio dos Leões	MT	Colégio dos Leões (Edifício de Apoio)	0,08
		Residência das Alcaçarias	0,41
		Residência Eborim	1,19
		Residência Florbela Espanca	1,12
		Residência Portas de Moura	1,04
		Residência Soror Mariana	0,88
		Palácio do Vimioso	0,75
		Palácio do Vimioso (CIA)	0,84
		Palácio do Vimioso (AAUE)	0,84
		Colégio Espírito Santo (MT)	0,59
Pavilhão Gimnodesportivo	BTE	EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SASUE)	0,97
		EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SADM)	0,97
		EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SI)	0,97
Colégio Pedro da Fonseca	BTE	Colégio Luís António Verney	2,01
		Colégio Luís António Verney (Refeitório)	1,99
		Colégio Mateus D'Aranda	2,07

4.2. Análise dos consumos energéticos dos diferentes edifícios

As 24 IU possuem os seguintes tarifários:

Tabela 6- Tarifários energéticas das 24 IU

INSTALAÇÕES DE UTILIZAÇÃO (IU)	Tensão	Potência Contratada (kVA)	Ciclo	Tarifas energia eléctrica Jan 2023 [€/kWh]			
				Ponta	Cheias	Vazio	Super Vazio
CASA CORDOVIL	BTE	52,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
COLÉGIO DO ESPÍRITO SANTO	BTN	41,40	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
COLÉGIO DO ESPÍRITO SANTO	MT	292,95	Semanal c/feriados (Tetra-horário)	0,29	0,28	0,26	0,26
COLÉGIO DOS LEÕES	MT	292,95	Semanal c/feriados (Tetra-horário)	0,29	0,28	0,26	0,26
COLÉGIO DOS LEÕES	BTE	41,41	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
COLÉGIO LUÍS ANTÓNIO VERNEY	BTE	223,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
COLÉGIO LUÍS ANTÓNIO VERNEY (REFEITÓRIO)	BTE	59,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
COLÉGIO MATEUS D'ARANDA	BTN	6,90	Sem ciclo (tri-horário)	0,32	0,30	0,28	-
COLÉGIO PEDRO DA FONSECA	BTE	78,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SASUE)	BTN	41,40	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SADM)	BTE	75,90	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
EDIFÍCIO DA ANTIGA CADEIA (SI)	BTN	6,90	Sem ciclo (tri-horário)	0,32	0,30	0,28	-
PALÁCIO DO VIMIOSO	BTE	68,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
PALÁCIO DO VIMIOSO (CIA)	BTN	34,50	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
PALÁCIO DO VIMIOSO (AAUE)	BTN	34,50	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
PAVILHÃO GIMNODESPORTIVO	BTE	41,41	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
RESIDÊNCIA ANTÓNIO GEDEÃO	BTE	66,00	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
RESIDÊNCIA BENTO JESUS CARAÇA	BTN	34,50	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
RESIDÊNCIA DAS ALCAÇARIAS	BTE	41,41	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27
RESIDÊNCIA EBORIM	BTN	34,50	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
RESIDÊNCIA FLORBELA ESPANCA	BTN	27,60	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
RESIDÊNCIA MANUEL ÁLVARES	BTN	41,40	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
RESIDÊNCIA PORTAS DE MOURA	BTN	27,60	Diário (Tri-horário)	0,32	0,30	0,29	-
RESIDÊNCIA SOROR MARIANA	BTE	41,41	Diário (Tetra-Horário)	0,32	0,30	0,29	0,27

Estes dados foram obtidos através do balcão E-REDES, sendo que os preços de energia foram obtidos a partir de faturas de energia relativas ao ano de 2023.

Na página 106 encontram-se os gráficos de consumo energético mensal, semanal e a média do consumo energético em intervalos de 15 minutos, separados por tipos de edifícios (residências, edifícios de aulas e outros). Para os edifícios em BTN os consumos de energia em intervalos de 15 minutos não estavam disponíveis e apenas estavam disponíveis consumos horários, pelo que estes consumos foram convertidos em intervalos de 15 minutos. O consumo energético de 15 minutos corresponde a uma fração do consumo energético horário, dividindo-se por 4, uma vez que existem 4 períodos de 15 minutos em uma hora.

No que diz respeito aos consumos mensais, pode-se observar o seguinte:

- Nos edifícios de aulas (Figura 39 da página 106), o consumo mensal de energia da Casa Cordovil apresenta um consumo energético elevado, especialmente nos meses de verão (de junho a setembro), com picos significativos de consumo de energia em janeiro e julho, atingindo entre 60 e 70 MWh. O Colégio dos Leões evidencia um consumo energético elevado, particularmente nos meses de julho e agosto, aproximando-se dos 60 MWh. O Colégio Luís António Verney regista um consumo energético alto no início do ano, com um pico de consumo energético em janeiro perto dos 70 MWh, mas esse consumo energético diminui e estabiliza-se nos meses seguintes. Outros edifícios, como o CES MT e o CES BT, apresentam consumos energéticos mais moderados e constantes ao longo do ano, enquanto o Colégio Pedro da Fonseca e o Colégio Mateus de Aranda registam consumos energéticos mínimos em comparação com os demais edifícios;
- Nas residências (Figura 40 da página 106), a Residência António Gedeão tem consumos energéticos elevados durante todo o ano, com picos de consumo de energia em janeiro, março e dezembro, acima de 20 MWh. A Residência Bento Jesus Caraça também apresenta consumos energéticos altos, especialmente em fevereiro e dezembro, entre 15 e 20 MWh. A Residência Florbela Espanca regista picos de consumo de energia em fevereiro e março, enquanto a Residência das Alcaçarias destaca-se em abril e novembro com consumos energéticos mais elevados. As residências Portas de Moura e Manuel Álvares apresentam consumos energéticos moderados ao longo do ano, e a Residência Soror Mariana regista os consumos energéticos mais baixos e estáveis. No geral, o consumo energético é maior nos meses mais frios (início e fim do ano), com uma redução significativa nos meses de verão (julho e agosto);
- Noutros tipos de edifícios (Figura 41 da página 106), o SASUE regista os consumos energéticos mais elevados, com picos de consumo de energia acima de 18 MWh em janeiro, abril e dezembro. O Palácio do Vimioso também apresenta consumos energéticos significativos, especialmente em fevereiro, março e julho, rondando os 16 MWh. O SADM tem consumos energéticos consistentes durante o ano, destacando-se em janeiro e dezembro com cerca de 15 MWh. Outros edifícios, como o SI e o CIA, mantêm consumos energéticos moderados e estáveis, enquanto o Pavilhão Gimnodesportivo e os Leões EA apresentam os consumos energéticos mais baixos e regulares. O Refeitório CLAV e a AAUE mostram flutuações menores, com picos de consumo de energia pontuais em abril e setembro. De forma geral, os consumos mais altos ocorrem no início e no fim do ano, com uma redução durante os meses de verão.

Analisando os padrões de consumo energético semanal, pode-se concluir que:

- Nos edifícios de aulas (Figura 42 da página 106) e em outros tipos de edifícios (Figura 44 da página 106), durante a semana apresentam consumos energéticos mais elevados, com uma ligeira diminuição aos fins de semana;
- Nas residências (Figura 43 da página 106), o padrão de consumo de energia permanece relativamente estável durante a semana, sem diferenças significativas entre os dias úteis e o fim de semana.

Por último, observando os consumos energéticos médios em intervalos de 15 minutos, pode-se concluir que:

- Nos edifícios de aulas (Figura 45 da página 106), o padrão geral de consumo de energia mostra uma ascensão gradual a partir das 07:00, alcançando o consumo máximo ao meio do dia e diminuindo a partir das 17:00, com um consumo energético mínimo durante a noite e madrugada;
- Nas residências (Figura 46 da página 106), tipicamente existe um aumento do consumo de energia a partir das primeiras horas da manhã, atingindo um pico de energia ao meio-dia, começando a reduzir durante a tarde. O consumo mínimo ocorre durante a madrugada;
- Noutros tipos de edifícios (Figura 47 da página 106), nomeadamente o Refeitório CLAV, Palácio do Vimioso e SASUE, o consumo energético começa a aumentar significativamente a partir das 7:00, com o pico de consumo de energia a ocorrer entre 12:00 e 15:00. Após este horário, observa-se uma queda gradual no consumo energético, com um decréscimo acentuado a partir das 18:00. Edifícios como o Pavilhão Gimnodesportivo e a CIA apresentam consumos mais baixos e estáveis durante o dia. O consumo noturno é geralmente muito baixo em todos os edifícios.

4.3. Análise das Instalações de Produção

O ACC está subdividido em seis UPAC, localizadas nos seguintes edifícios:

- Residência Manuel Álvares (25,92 kWp);
- Residência António Gedeão (127,17 kWp);
- Residência Bento Jesus Caraça (6,8 kWp);
- Colégio dos Leões (271,35 kWp);
- Pavilhão Gimnodesportivo (68,89 kWp);
- Colégio Pedro Fonseca (101,25 kWp).

Esta divisão efetuou-se com base em objetivos de melhoria das eficiências energéticas dos edifícios, que determinaram a alocação das instalações de acordo com os critérios estabelecidos para o projeto.

Para a análise das instalações de produção, desenvolveu-se um modelo tridimensional (3D) que ilustra a disposição das instalações solares nas coberturas dos edifícios, com base nas plantas 2D (página 111) e na análise das características das coberturas (página 113). Este modelo 3D desenvolveu-se utilizando o software PV*SOL, que estima a produção de energia solar a partir de dados meteorológicos, como o “Typical Meteorological Year” (TMY) que representa um conjunto de dados climáticos representativos das condições médias de um local durante um ano, localização geográfica, inclinação e azimute dos painéis solares, sombreamento e eficiência dos sistemas,

simulando a geração de energia ao longo do tempo. As estimativas da produção de energia solar a cada minuto foram integradas em períodos de 15 minutos, através do integral das produções estimadas a cada 15 minutos, para estarem no mesmo intervalo temporal dos consumos. De realçar que todas as simulações realizam-se considerando a utilização dos módulos de 405 kWp (Longi LR4-66HPH 405M), sendo que estes podiam ter sido substituídos por qualquer outro módulo.

Os esquemas 3D desenvolvidos no PV*SOL encontram-se apresentados a seguir:



Figura 20 - Esquema 3D da UPAC da Residência Manuel Álvares



Figura 21 - Esquema 3D da UPAC da Residência Antônio Gedeão



Figura 22 - Esquema 3D da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça



Figura 23 - Esquema 3D da UPAC do Colégio dos Leões



Figura 24 - Esquema 3D da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo



Figura 25 - Esquema 3D da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca

Com base nestes esquemas obteve-se as seguintes estimativas mensais de produção anual:

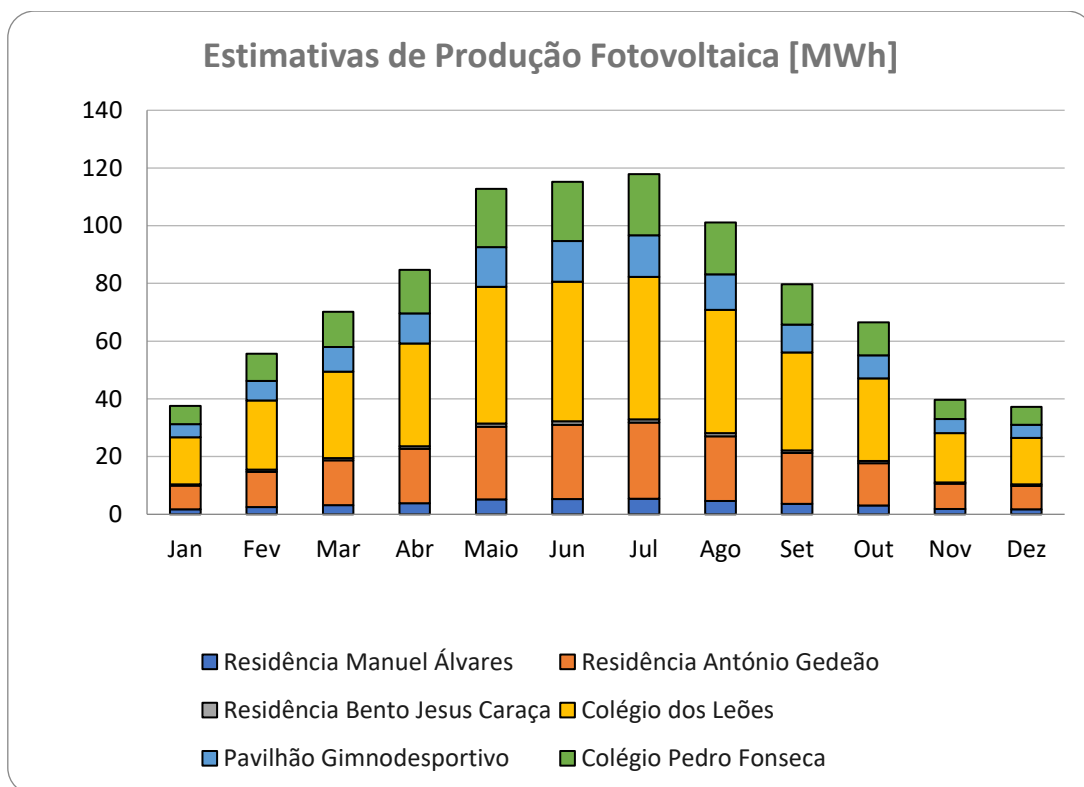


Figura 26 - Estimativas de Produção Fotovoltaica [MWh]

Constata-se que os meses de maio a agosto registam os maiores valores de produção de energia, com picos de produção energética próximos a 120 MWh nos meses de junho e julho. Nos meses de dezembro e janeiro a produção energética reduz consideravelmente, com um valor mínimo em torno de 40 MWh. O Colégio dos Leões apresenta a maior contribuição de produção energética (42%), seguido pela Residência António Gedeão (22%) e pelo Colégio Pedro Fonseca (17%). O Pavilhão Gimnodesportivo, a Residência Manuel Álvares e a Residência Bento Jesus Caraça apresentam as menores contribuições para a produção energética (13%, 5% e 1% respetivamente).

4.4. Cenário das UPAC em ACI

Neste capítulo, analisam-se as seis UPAC em funcionamento sob o regime de ACI, no qual a energia produzida pelas instalações solares é primeiramente autoconsumida. Caso existam excedentes, esses são injetados e vendidos à rede. A análise destas UPAC neste regime em ACI baseia-se nos dados de produção e consumo de energia a cada quinze minutos nos edifícios onde as instalações estão localizadas, bem como nos preços de energia para cada período horário. Por meio desta análise, avaliou-se o impacto nos consumos de energia, os excedentes de energia, as poupanças, as taxas de autoconsumo, além de realizar uma análise financeira, tanto de cada UPAC individualmente (página 115) como para a Universidade de Évora como um todo. Esta avaliação foi conduzida com o auxílio do modelo desenvolvido, descrito no capítulo 4.

4.4.1. Universidade de Évora com UPAC em ACI

Como todas estas UPAC integram a Universidade de Évora, foi realizada uma análise abrangente da influência dessas 6 UPAC no contexto da instituição. Esta análise consolidou os resultados obtidos individualmente para cada UPAC (página 115), avaliando o impacto agregado na redução dos custos globais de energia da universidade. O objetivo principal é identificar como a produção e o autoconsumo dessas instalações contribuem para a diminuição da dependência energética externa, bem como para a redução dos custos associados à energia, reforçando o compromisso da universidade com a sustentabilidade energética e financeira.

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas das 6 UPAC obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida na universidade, ao excedente de energia e às poupanças:

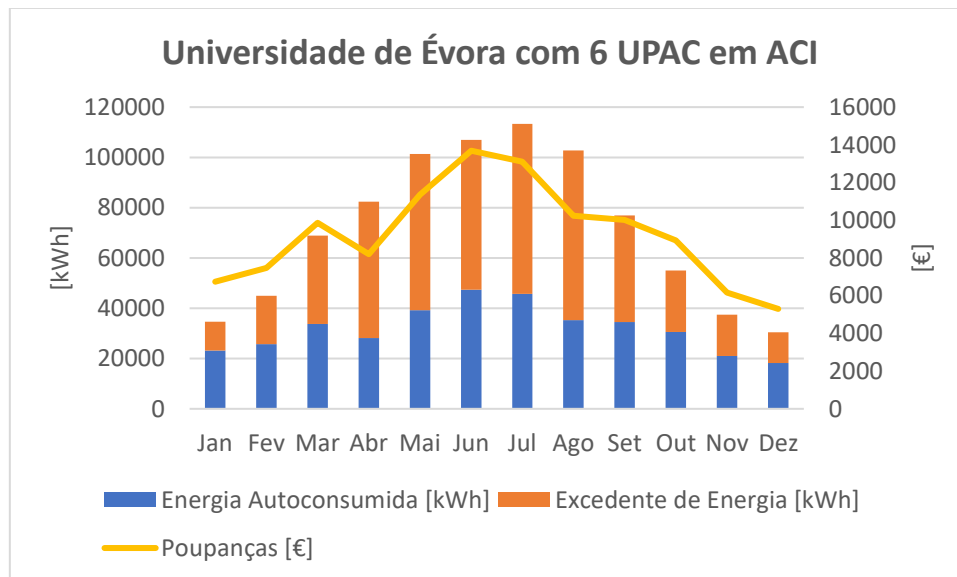


Figura 27- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACI

A Universidade de Évora, a funcionar com 6 UPAC em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 382 723,40 kWh, um excedente energético anual de 472 691,09 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 44,74%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 111 087,14 € com a energia autoconsumida nos edifícios e possui um elevado potencial para a exploração do excedente de energia tanto com a venda à rede como com a partilha com os restantes edifícios da instituição.

Esta poupança económica vai permitir a universidade reduzir o seu preço global de energia de 0,292 €/kWh para 0,259€/kWh, ou seja, uma redução de cerca de 11,30% no preço de energia.

Por último, quanto à análise financeira da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 7- Resultados Técnico-Financeiros da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em ACI

Valor Atualizado Líquido [€]	1 562 133,53 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	689 317,13 €
Período Recuperação Investimento [anos]	4,35
Taxa Interna Rentabilidade [%]	20,08
Taxa de autoconsumo [%]	44,74
Taxa de autossuficiência [%]	11,22
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,034

Os valores apresentados refletem um projeto de elevada atratividade financeira. O VAL de 1 562 133,53€ evidencia um retorno financeiro elevado, comprovando a rentabilidade do investimento. Os CTCV, de 689 317,13€, são relativamente baixos em comparação ao VAL, demonstrando uma excelente relação custo-benefício. O período de recuperação do investimento, de 4,35 anos, é competitivo, assegurando um retorno num prazo razoável e atrativo. A TIR de 20,08% reforça o potencial elevado de retorno, ultrapassando as expectativas de muitos projetos convencionais. Por fim, o LCOE de 0,034 €/kWh confirma a eficiência económica e sustentabilidade do projeto, destacando-o como uma solução energética viável e atrativa para consumidores no setor energético.

4.5. Cenário das UPAC em Autoconsumo Coletivo (ACC)

Neste capítulo, analisam-se as seis UPAC em funcionamento sob o regime de ACC, no qual a energia produzida pelas instalações solares é prioritariamente autoconsumida. Caso existam excedentes, estes são injetados na rede e posteriormente partilhados com os restantes edifícios da universidade, conforme descrito no esquema de partilha da secção 4.1. Estrutura do ACC e por últimos vendidos à rede. Esta partilha de energia baseia-se em quatro métodos distintos de cálculo de coeficientes de partilha.

A análise das UPAC neste regime de ACC considera os dados de produção e de consumo de energia em intervalos de quinze minutos nos edifícios onde as instalações estão localizadas, a energia autoconsumida e os preços de energia para cada período horário. Por meio desta análise, avalia-se o impacto nos consumos de energia, os excedentes de energia, as poupanças, as taxas de autoconsumo, bem como se realiza uma análise financeira, tanto de cada UPAC individualmente (página 126) quanto da Universidade de Évora como um todo. Esta avaliação é conduzida com o apoio do modelo desenvolvido e descrito no capítulo 4.

Conforme mencionado inicialmente no capítulo 4, utilizam-se quatro métodos distintos para o cálculo dos coeficientes de partilha:

1. Coeficientes fixos iguais para todas as IU (Método 1): neste método, os coeficientes de partilha são distribuídos uniformemente entre todas as IU. Cada IU recebe a mesma proporção da energia disponível para partilha, independentemente do seu consumo ou perfil energético.

2. Coeficientes fixos proporcionais ao consumo anual de cada IU (Método 2): os coeficientes de partilha são calculados com base no consumo anual total de cada IU. Assim, quanto maior for o consumo anual de uma IU, maior será a proporção de energia atribuída a ela.
3. Coeficientes variáveis proporcionais aos consumos em intervalos de 15 minutos (Método 3): este método utiliza os consumos registados em intervalos de 15 minutos para determinar os coeficientes de partilha. As IU que apresentam maior consumo em determinados momentos recebem uma parcela proporcionalmente maior da energia partilhada nesses mesmos períodos.
4. Coeficientes variáveis proporcionais aos preços da energia em intervalos de 15 minutos (Método 4): neste método, os coeficientes de partilha variam conforme os preços de energia nos intervalos de 15 minutos. As IU que consomem energia em momentos de preços mais elevados recebem um peso maior na partilha, refletindo a importância econômica do consumo nesse intervalo de tempo.

4.5.7. Universidade de Évora com UPAC em ACC

Como todas estas UPAC integram a Universidade de Évora, foi realizada uma análise abrangente da influência dessas 6 UPAC no contexto da instituição. Esta análise consolidou os resultados obtidos individualmente para cada UPAC, avaliando o impacto agregado na redução dos custos globais de energia da universidade. O objetivo principal é identificar como a produção, o autoconsumo e a partilha de energia dessas instalações contribuem para a diminuição da dependência energética externa, bem como para a redução dos custos associados à energia, reforçando o compromisso da universidade com a sustentabilidade energética e financeira.

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, as produções de energia, as tarifas energéticas, a energia autoconsumida e a energia disponível para partilha das 6 UPAC obteve-se os seguintes resultados em relação à energia partilhada com as IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia:

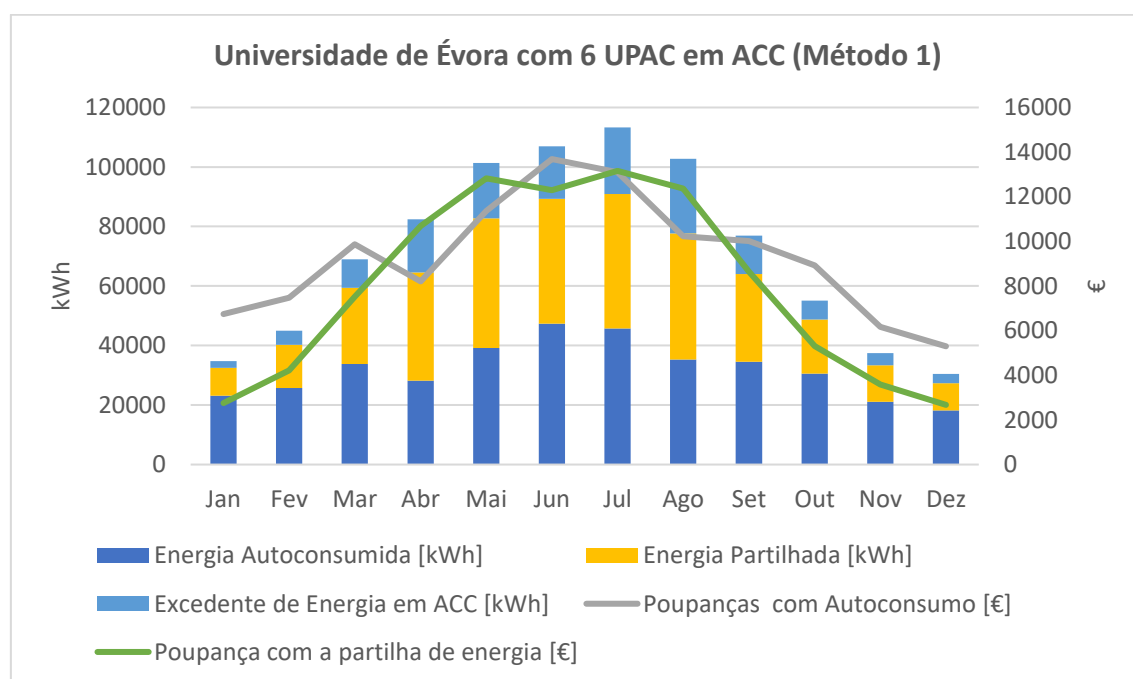


Figura 28- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 1)

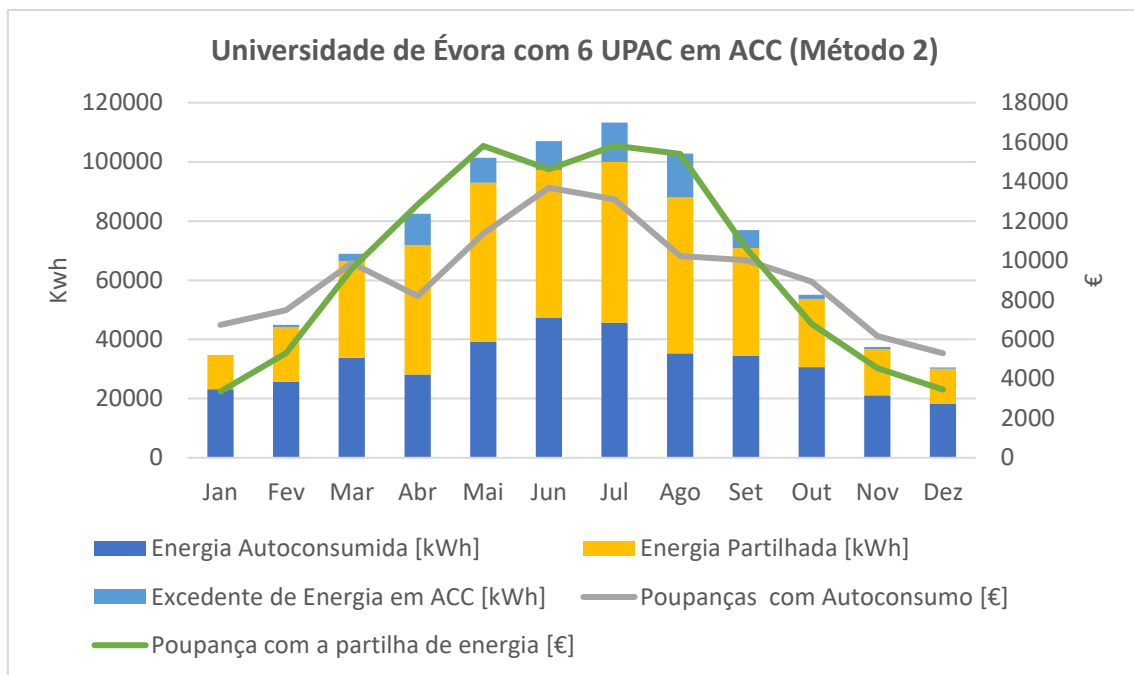


Figura 29- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 2)

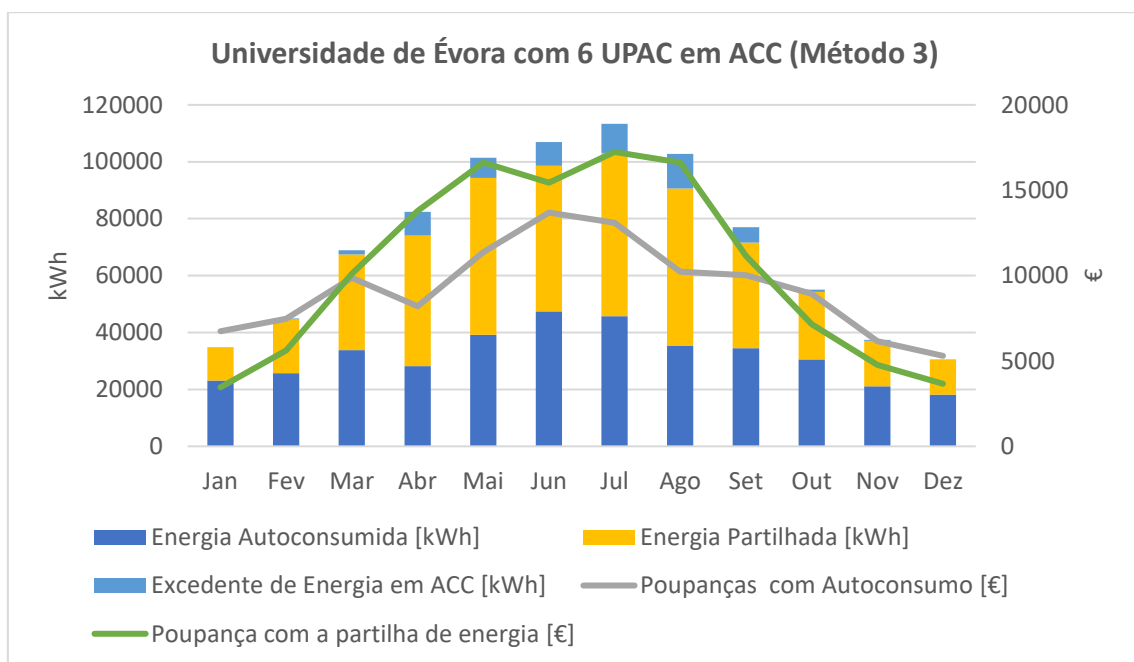


Figura 30- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 3)

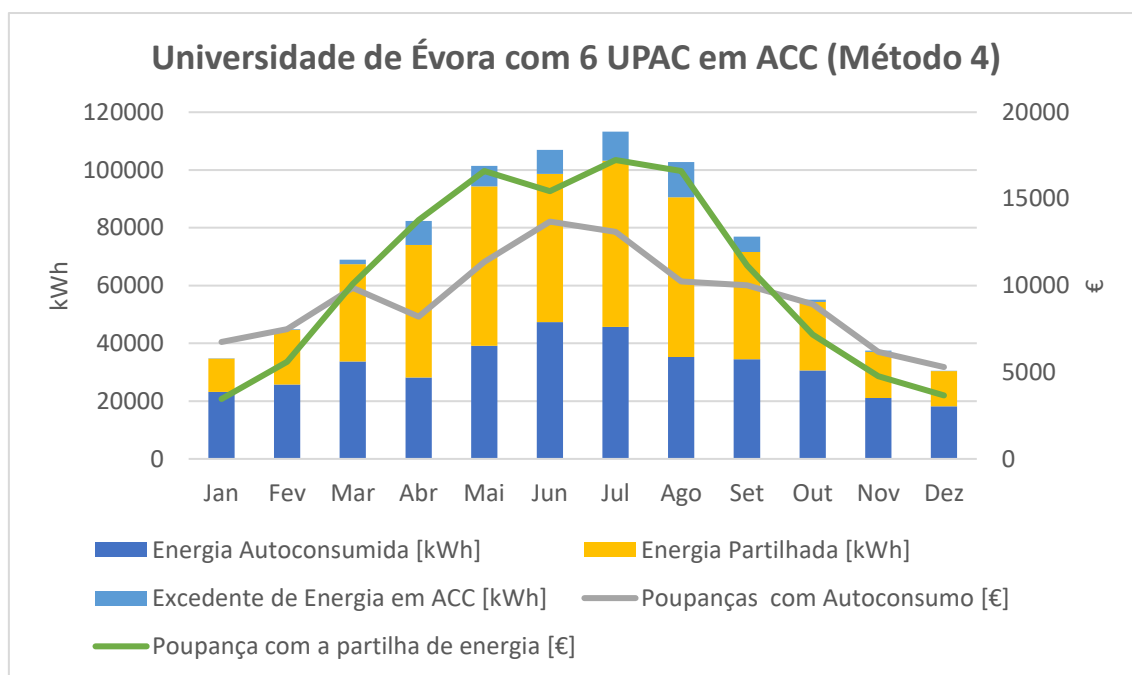


Figura 31- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia das 6 UPAC da Universidade de Évora em ACC (Método 4)

As 6 UPAC da Universidade de Évora, a operar em regime de ACC, apresenta para:

- O método 1, uma energia autoconsumida anual de 382,72 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 144,75 MWh e uma energia partilhada anual de 327,94 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 83,08% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 111 087,14 € com a energia autoconsumida e 96 047,90 € com a energia partilhada;
- O método 2, uma energia autoconsumida anual de 382,72 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 68,91 MWh e uma energia partilhada anual de 403,78 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 91,94% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 111 087,14 € com a energia autoconsumida e 236 331,56 € com a energia partilhada;
- O método 3, uma energia autoconsumida anual de 382,72 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 54,42 MWh e uma energia partilhada anual de 418,27 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 93,64% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 111 087,14 € com a energia autoconsumida e 251 188,69 € com a energia partilhada;
- O método 4, uma energia autoconsumida anual de 382,72 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 54,51 MWh e uma energia partilhada anual de 418,18 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 93,63% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 111 087,14 € com a energia autoconsumida e 251 217,13 € com a energia partilhada.

Estas poupanças económicas vão permitir a universidade reduzir o seu preço global de energia de 0,292 €/kWh para:

- 0,237 €/kWh com o uso do método 1, ou seja, uma redução de cerca de 18,96% no preço de energia;
- 0,229 €/kWh com o uso do método 2, ou seja, uma redução de cerca de 21,51% no preço de energia;
- 0,227(003) €/kWh com o uso do método 3, ou seja, uma redução de cerca de 22,21(7) % no preço de energia;
- 0,226(999) €/kWh com o uso do método 4, ou seja, uma redução de cerca de 22,21(8) % no preço de energia.

Por último, quanto à análise financeira da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em regime de ACC e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 8- Resultados Técnico-Financeiros da Universidade de Évora com 6 UPAC a operar em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
Valor Atualizado Líquido [€]	2 852 325,09 € (+82,63%)	3 310 022,74 € (+111,89%)	3 372 053,71 € (+115,83%)	3 372 353,45 € (+115,85%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	689 317,13 € (0%)	689 317,13 € (0%)	689 317,13 € (0%)	689 317,13 € (0%)
Período Recuperação Investimento [anos]	2,67 (-38,62%)	2,35 (-46,00%)	2,31 (-46,90%)	2,31 (-46,90%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	35,16 (+15,08%)	40,29 (+20,21%)	40,98 (+20,90%)	40,99 (+20,91%)
Taxa de Autoconsumo [%]	83,08 (+38,34%)	91,94 (+47,20%)	93,64 (+48,90%)	93,63 (+48,89%)
Taxa de Autossuficiência [%]	20,84 (+9,62%)	23,06 (+11,84%)	23,49 (+12,27%)	23,49 (+12,27%)
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,034 (0,00%)	0,034 (0,00%)	0,034 (0,00%)	0,034 (0,00%)

Os resultados técnicos das 6 UPAC da Universidade de Évora, operando em regime ACC, evidenciam claras diferenças entre os quatro métodos analisados. O método 1 apresenta a menor taxa de autoconsumo global (83,08%), maior excedente energético não aproveitado (144,75 MWh) e menor energia partilhada (327,94 MWh), refletindo-se nas poupanças económicas anuais mais baixas (cerca de 207 mil euros no total) e numa redução do preço da energia de aproximadamente 18,96%. Já os métodos 2, 3 e 4 melhoram significativamente estes indicadores, com destaque para os métodos 3 e 4, que alcançam as maiores taxas de autoconsumo global (cerca de 93,6%), menor desperdício energético (aproximadamente 54,4 MWh) e maior energia partilhada (mais de 418 MWh). Estas melhorias traduzem-se em poupanças económicas anuais superiores a 362 mil euros, permitindo uma redução do custo global da energia em torno de 22,2%. O método 2 também apresenta ganhos relevantes, embora ligeiramente inferiores aos métodos 3 e 4. Em síntese, a análise demonstra que os métodos 3 e 4 são os mais eficazes em termos técnicos e financeiros, promovendo maior eficiência energética e uma significativa diminuição dos custos energéticos para a universidade.

Os resultados financeiros dos quatro métodos demonstram uma excelente viabilidade económica.

O VAL varia entre 2 852 325,09 € (Método 1) e 3 372 353,45 € (Método 4), indicando que os Métodos 3 e 4 proporcionam o maior retorno financeiro, com uma diferença mínima entre eles. O Método 2, com 3 310 022,74 €, também apresenta um excelente desempenho, enquanto o Método 1 exibe o menor retorno, ainda que significativamente positivo.

O PRI varia entre 2,67 anos (Método 1) e 2,31 anos (Método 4). O Método 4 apresenta o menor tempo de recuperação do investimento, seguido muito de perto pelo Método 3 (2,3079 anos). O Método 2 também oferece um tempo de retorno curto (2,35 anos), mantendo-se competitivo em relação aos demais.

A TIR segue essa mesma tendência, variando entre 35,16% (Método 1) e 40,985% (Método 4). Os Métodos 3 e 4 destacam-se com a maior TIR, garantindo o maior retorno percentual sobre o investimento. O Método 2, com 40,29%, também apresenta uma rentabilidade elevada, enquanto o Método 1 possui a menor TIR, mas ainda dentro de um excelente patamar.

O Custo Nivelado de Eletricidade (LCOE) é idêntico para todos os métodos, fixado em 0,034 €/kWh, assegurando uma produção de eletricidade economicamente competitiva, independentemente da opção escolhida.

Todos os métodos são altamente lucrativos e viáveis. O Método 4 destaca-se como a melhor opção para maximizar tanto o VAL (3 372 353,45 €) quanto a TIR (40,985%), além de possuir o menor tempo de retorno do investimento (2,3077 anos). O Método 3 apresenta praticamente os mesmos benefícios, sendo uma escolha igualmente vantajosa. Estes métodos apresentam resultados praticamente idênticos, pois a análise efetuada considera edifícios da mesma instituição (Universidade de Évora), sendo que os preços de energia vão ter poucas diferenças entre os distintos edifícios. Quanto maior for a diferença de preços entre edifícios, maior vai ser a diferença entre os resultados destes dois métodos e mais evidente vai ser que o método 3 é mais adequado para maximizar as taxas de autoconsumo e o método 4 para maximizar os retornos económicos.

A análise comparativa entre os regimes ACC e ACI para as 6 UPAC da Universidade de Évora evidencia que o regime ACC apresenta desempenho técnico e financeiro significativamente superior ao regime ACI. No regime ACC, independentemente do método, a taxa de autoconsumo global situa-se entre 83,08% e 93,64%, muito acima dos 44,74% observados no regime ACI, evidenciando uma maior eficiência no aproveitamento da energia gerada localmente. Consequentemente, as poupanças económicas anuais associadas à energia autoconsumida e partilhada são também mais elevadas no ACC, permitindo reduzir o preço global de energia até cerca de 22,2%, enquanto no ACI a redução alcança apenas 11,3%. Do ponto de vista financeiro, o VAL do regime ACC varia entre aproximadamente 2,85 e 3,37 milhões de euros, praticamente o dobro do VAL do regime ACI, que é de cerca de 1,56 milhões de euros. Além disso, o período de recuperação do investimento é mais curto no ACC (2,31 a 2,67 anos) comparado com o ACI (4,35 anos), e a TIR é consideravelmente maior no ACC (35,16% a 40,99%) do que no ACI (20,08%). Estes resultados demonstram que o regime ACC é mais vantajoso para a Universidade de Évora, promovendo maior eficiência energética, melhor rentabilidade financeira e uma redução mais significativa dos custos energéticos.

5. CER do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa

O desenvolvimento desta comunidade é um dos objetivos do projeto AURORA, que visa envolver os cidadãos em práticas de sustentabilidade energética de forma inovadora e duradoura. O AURORA, implementado em cinco países, transforma comunidades universitárias e rurais em consórcios cívicos dedicados à energia. Nestas comunidades, os cidadãos financiam instalações solares fotovoltaicas e monitorizam o seu consumo e produção energética através da aplicação AURORA Energy Tracker, avaliando a sua pegada de carbono. O projeto inclui também um sistema de classificação, que incentiva comportamentos mais sustentáveis, com o objetivo de formar cidadãos para atingirem emissões praticamente nulas. Os dados recolhidos ajudarão a melhorar os cenários de transição energética e a apoiar decisões futuras.

A criação desta CER em Évora, é fruto de uma parceria com o Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa (CHE-CVP), cuja missão inclui o combate à pobreza energética. Para formar esta CER, será instalada uma central fotovoltaica para autoconsumo no telhado do edifício do CHE-CVP, com uma capacidade de cerca de 30.51 kWp e um custo de 26 268€. Este valor será angariado por meio de um processo de crowdlending, direcionado aos residentes de Évora e à comunidade da Universidade de Évora. As poupanças energéticas resultantes permitirão ao CHE-CVP reduzir significativamente a sua fatura de energia e distribuir retornos financeiros aos participantes através do “cartão Dá”, uma estrutura financeira já existente na CVP (explicado com mais detalhe na página 50). Além disso, estas poupanças viabilizarão a implementação de medidas para combater a pobreza energética no Município de Évora, decididas pelos membros da Comunidade CHE-CVP.

O planeamento desta comunidade foi estruturado em três fases distintas: análise regulamentar, análise técnica e análise económica. Inicialmente, a elaboração do regulamento interno foi orientada pela interpretação detalhada da legislação vigente em Portugal relativa ao autoconsumo e às CER. Em seguida, foi conduzida uma análise técnica rigorosa que visou maximizar o autoconsumo da produção fotovoltaica, alinhando-a com os padrões de consumo energético do edifício e as limitações físicas do espaço disponível. Na etapa final, foram desenvolvidos três cenários de modelos de negócio, acompanhados de uma análise financeira, com o intuito de identificar a solução que oferecesse a maior vantagem económica tanto para o CHE-CVP, quanto para os membros participantes da comunidade.

Neste capítulo, serão detalhadas todas estas fases de planeamento da comunidade. É importante destacar que a análise realizada culminou na produção de um artigo científico, o qual foi submetido e apresentado no CIIES 24, encontrando-se o mesmo na página 67.

5.1. Análise Regulamentar

Esta fase compreendeu a elaboração de um regulamento interno, um documento essencial que estabelece as diretrizes e normas para a participação e o funcionamento da comunidade, em estrita conformidade com a legislação vigente em Portugal. Trata-se de um instrumento de carácter obrigatório, cuja submissão deve ocorrer no prazo máximo de três meses a contar da data de início das operações da UPAC. Este regulamento deve, obrigatoriamente, abranger, pelo menos, os seguintes elementos:

- Os critérios e requisitos para a admissão de novos membros;
- Os procedimentos a seguir para a saída dos membros existentes;
- As modalidades de partilha da energia elétrica produzida para autoconsumo, quando aplicável;
- As condições para o pagamento das tarifas devidas;
- O destino dos excedentes de energia gerados no autoconsumo;
- A política de relacionamento comercial a ser adotada e, se aplicável, a utilização das receitas correspondentes.

Tendo por base os critérios mínimos estabelecidos para o planeamento da comunidade, foi desenvolvido um regulamento interno específico para a comunidade da CHE-CVP. Este regulamento encontra-se organizado em quatro secções e dezassete artigos, conforme ilustrado na Figura 32.

Adicionalmente, o regulamento inclui três anexos fundamentais: a listagem dos membros da CER, o formulário de adesão e o formulário de desvinculação.

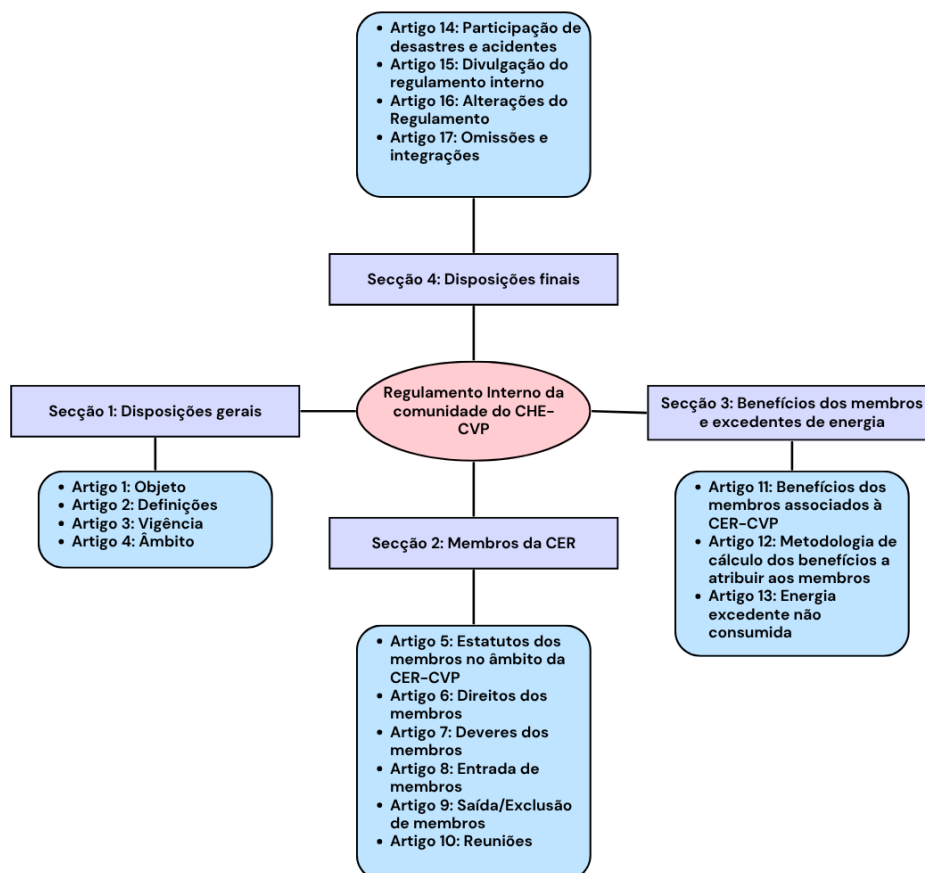


Figura 32 - Estrutura do Regulamento Interno da comunidade do CHE-CVH

5.1.1. Disposições Gerais

Esta secção aborda a introdução do regulamento e está dividida em 4 artigos:

- Objeto;
- Definições;
- Vigência;
- Âmbito.

5.1.1.1. Objeto

O Artigo 1.º define o objetivo e a base legal do regulamento da CER-CVP. Baseado no Decreto-Lei n.º 15/2022, o regulamento orienta a produção de eletricidade para autoconsumo e a gestão de excedentes. A CER-CVP, composta por uma instalação solar fotovoltaica da Cruz Vermelha, promove a sustentabilidade e é gerida segundo os princípios da organização. Membros voluntários financiam a instalação fotovoltaica.

5.1.1.2. Definições

O Artigo 2.º do regulamento define os principais termos utilizados para garantir a clareza na aplicação das normas da CER-CVP. Estabelece que:

- IU é qualquer local onde se consome ou produz energia elétrica;
- CPE é o número que identifica cada instalação elétrica;
- ACI refere-se ao consumo realizado em uma única IU;
- CER-CVP é uma iniciativa da Cruz Vermelha de Évora, com a adesão voluntária de membros, que podem ser pessoas ou entidades.

5.1.1.3. Vigência

O Artigo 3.º estabelece a vigência do regulamento, determinando que o mesmo se mantém em efeito por período indeterminado, desde que a CER-CVP continue a operar de forma ativa e funcional. A validade deste regulamento está, portanto, condicionada à existência contínua de pelo menos um membro participante, além da própria Cruz Vermelha Portuguesa.

5.1.1.4. Âmbito

O Artigo 4.º define o âmbito CER-CVP, que inclui:

- A produção de energia através de uma UPAC, consumida no Centro Humanitário de Évora da CVP;
- A adesão de pessoas e entidades que contribuirão financeiramente para a instalação, obtendo benefícios proporcionais às suas contribuições;
- A partilha das receitas provenientes das poupanças energéticas, com famílias em situação de pobreza energética no município de Évora;
- A promoção de ações para combater a pobreza energética no concelho de Évora.

Este regulamento aplica-se a todos os aderentes da CER-CVP.

5.1.2. Membros da CER

Esta secção aborda questões relacionadas aos membros da CER e está dividida em 6 artigos:

- Estatuto dos membros no âmbito da CER-CVP;
- Direitos dos membros;
- Deveres dos membros;
- Entrada de membros;

- Saída/Exclusão de membros;
- Reuniões.

5.1.2.1. Estatuto dos membros no âmbito da CER-CVP

O Artigo 5.º categoriza os membros da CER-CVP em duas classes:

- Membro não produtor: recebe benefícios económicos, ambientais e sociais pela sua participação, sem envolver-se na produção de energia;
- Membro gestor/produtor: a Cruz Vermelha Portuguesa – Centro Humanitário de Évora será o responsável pela gestão da comunidade.

5.1.2.2. Direitos dos Membros

O Artigo 6.º estabelece os direitos dos membros da CER-CVP, diferenciando-os de acordo com a sua categoria. Para os membros não produtores, estes têm o direito de investir entre 20€ e 1000€ nas campanhas de crowdfunding, sendo que cada unidade de participação é avaliada em 20€. Além disso, esses membros terão prioridade para participar em futuras campanhas de crowdfunding para novas instalações, beneficiam de vantagens económicas, ambientais e sociais decorrentes da sua participação e podem envolver-se em iniciativas promovidas pela CER-CVP, como ações de sensibilização. Também têm a liberdade de abandonar a iniciativa a qualquer momento e acesso transparente às informações sobre a produção de eletricidade solar pela UPAC.

Por outro lado, o membro gestor, representado pela CHE-CVP, é responsável por organizar e promover as campanhas de crowdfunding, além de receber as doações dos membros não produtores. Também deve fiscalizar a utilização do cartão Dá dos membros não produtores, garantindo que os fundos sejam usados conforme o regulamento e a legislação. Adicionalmente, o membro gestor tem o direito de beneficiar do autoconsumo de eletricidade renovável num CPE de sua propriedade.

5.1.2.3. Deveres dos membros

O Artigo 7.º define os deveres dos membros da CER-CVP. Para o membro gestor, os deveres incluem dimensionar a UPAC para maximizar a eficiência energética, disponibilizar áreas para instalação e operação do sistema solar, permitir o acesso para inspeções, registar e legalizar a UPAC, gerir o excedente de eletricidade, garantir a operação e manutenção do sistema, cobrir custos de conexão e desmantelamento, e assegurar um seguro abrangente. Além disso, o membro gestor deve distribuir benefícios aos membros não produtores, emitir e recarregar o “cartão Dá”, garantir a transparência das informações e manter registos atualizados dos membros, incluindo a suspensão de membros por conduta ilegal.

Os deveres dos membros não produtores incluem participar de boa-fé na CER-CVP, manter as suas informações atualizadas e utilizar corretamente o “cartão Dá” conforme o regulamento do mesmo.

5.1.2.4. Entrada de membros

O Artigo 8.º regula a entrada de novos membros na CER-CVP. A adesão ocorre de forma voluntária, mediante a assinatura do formulário de participação e adesão. Apenas indivíduos maiores de idade podem aderir. A entrada de membros é permitida até que a verba necessária para a instalação do sistema solar previamente selecionado seja alcançada.

Além disso, no momento da adesão, os participantes devem ser parte da comunidade académica da Universidade de Évora — incluindo alunos, docentes, investigadores e funcionários não docentes — ou residir ou estar sediados no concelho de Évora. Esta condição é confirmada através da apresentação de um comprovativo.

5.1.2.5. Saída/Exclusão de membros

O Artigo 9.º estabelece o processo de saída e exclusão de membros da CER-CVP. A saída de um membro só pode ocorrer após o cumprimento integral das obrigações previstas no Regulamento. Caso um membro deseje deixar a iniciativa, tem a liberdade de fazê-lo, mas deve abdicar de todos os direitos associados à CER-CVP em favor do CHE-CVP. No entanto, o membro não produtor mantém o direito ao saldo atual do seu cartão e pode continuar a usufruir dele até o momento da saída.

Para formalizar a saída, o membro não produtor deve preencher o formulário de pedido de saída e enviá-lo assinado e datado ao membro gestor pelo email especificado. Após a receção do formulário, o membro gestor atualizará a listagem de membros da CER-CVP, confirmará a saída do membro e procederá à eliminação permanente dos seus dados pessoais.

5.1.2.6. Reuniões

O Artigo 10.º estabelece as normas para a realização das reuniões dentro da CER-CVP. As reuniões dos membros são convocadas com uma periodicidade semestral e destinam-se à discussão e atualização sobre ações relacionadas à iniciativa, tais como medidas para combater a pobreza energética e outras ações implementadas.

A convocação para cada reunião deve ser feita pelo membro gestor com uma antecedência de 15 dias. Se assim o desejarem, os membros têm a opção de se fazer representar por outros membros através de procuração. A localização da reunião será detalhada na convocatória enviada aos membros.

Após cada reunião, será elaborado uma ata que resume as discussões e decisões tomadas, e este documento será disponibilizado a todos os membros para garantir a transparência e o acompanhamento das atividades da CER-CVP.

5.1.3. Benefícios dos membros e excedente de energia

Esta secção aborda questões relacionadas aos benefícios dos membros da CER e questões relativas ao excedente de energia e está dividida em 3 artigos:

- Benefícios dos membros associados à CER-CVP;
- Metodologia de cálculo dos benefícios a atribuir aos membros;
- Energia excedente não consumida.

5.1.3.1. Benefícios dos membros associados à CER-CVP

O Artigo 11.º define os benefícios financeiros para os membros da CER-CVP através do “cartão Dá”. Este cartão, válido em mais de 1100 estabelecimentos comerciais, é pessoal, intransmissível e pode ser recarregado. O saldo tem validade de 12 meses e é automaticamente prorrogado por mais 12 meses se recarregado antes do prazo expirar.

Os membros podem usar o “cartão Dá” juntamente com outros meios de pagamento. Estes terão acesso prioritário a futuras campanhas de crowdfunding da CER-CVP, com uma fase exclusiva de adesão de 15 dias antes da abertura ao público geral.

5.1.3.2. Metodologia de cálculo dos benefícios a atribuir aos membros

Descreve o método que será empregue para determinar os benefícios a serem concedidos aos membros. Esta metodologia ainda está em desenvolvimento.

5.1.3.3. Energia excedente não consumida

O Artigo 13.º aborda o tratamento da energia excedente não consumida pela UPAC. Embora se estime que o excedente de energia produzido seja nulo ou quase nulo, qualquer excedente que eventualmente surja pode ser armazenado. Se não for possível armazenar

a energia excedente, a mesma poderá ser vendida à rede elétrica, sendo o preço de venda determinado pela melhor oferta disponível de um comercializador no mercado.

5.1.4. Disposições Finais

Esta secção aborda questões relacionadas a desastres/acidentes e questões relacionadas com divulgação, alterações e omissões no regulamento e está dividida em 4 artigos:

- Participação de desastres e acidentes;
- Divulgação do regulamento interno;
- Alterações do regulamento;
- Omissões e integrações.

5.1.4.1. Participação de desastres e acidentes

O Artigo 14.º estabelece que o membro gestor deve notificar os membros da CER-CVP e os organismos legais competentes sobre qualquer desastre ou incidente que afete a produção da UPAC. Esta notificação deve ser feita no prazo máximo de cinco dias a partir da ocorrência do evento. Em caso de acidente, não serão atribuídos novos custos aos membros não produtores.

5.1.4.2. Divulgação do regulamento interno

O Artigo 15.º estabelece que o Regulamento Interno é um documento fundamental para a participação e o funcionamento adequado da CER-CVP. Este regulamento deve ser divulgado e estar acessível a todos os membros na sua versão mais recente.

5.1.4.3. Alterações do regulamento

O Artigo 16.º trata das modificações ao Regulamento Interno da CER-CVP. Qualquer alteração ao regulamento será comunicada aos participantes, mantendo os pressupostos fundamentais estabelecidos na versão original.

Alterações legislativas futuras que possam impactar a participação na comunidade, não invalidarão a participação, exceto se essas mudanças entrarem em conflito com os objetivos definidos no regulamento interno.

5.1.4.4. Omissões e integrações

O Artigo 17.º aborda a gestão das omissões e integrações no Regulamento Interno da CER-CVP. Caso existam lacunas no regulamento, serão aplicáveis de forma subsidiária, as disposições da legislação e regulamentação vigente que se aplicam às CER ou CCE. Qualquer omissão determinada pelo membro gestor, culminará na realização das necessárias alterações ao regulamento interno, após consulta com os membros não produtores.

5.2. Análise Técnica

O edifício do CHE-CVP localizado em Évora possui uma estrutura de três andares. No rés-do-chão, encontra-se uma clínica médica. O primeiro andar é um espaço partilhado entre a própria clínica e o CHE-CVP, onde se pode encontrar uma receção e um pequeno refeitório. Já no segundo andar, estão localizados os escritórios do CHE-CVP, dedicados às suas operações administrativas e de gestão.

Dentre as diversas funções e serviços presentes no edifício, a clínica médica destaca-se como a maior consumidora de energia, refletindo o intenso uso de equipamentos e infraestrutura necessários para o seu funcionamento diário. Em resposta a esta procura significativa por energia, foram instalados contadores energéticos, para monitorizar e registar o consumo tanto da clínica quanto do CHE-CVP. Essa medição permite um

acompanhamento detalhado dos gastos energéticos de cada entidade, facilitando a gestão e o ajuste de contas de forma eficiente.

A produção de eletricidade através da instalação de painéis solares no edifício oferece uma oportunidade significativa de redução dos custos associados ao consumo energético do CHE-CVP. Este sistema solar não só contribui para a diminuição das despesas energéticas da CHE-CVP, como também gera uma receita adicional. Esta receita é obtida a partir dos consumos de energia da clínica, que será calculada e ajustada com base nos preços de mercado em vigor.

Os rendimentos provenientes da venda de energia solar serão aplicados para proporcionar benefícios diretos à comunidade. Em particular, estes fundos serão utilizados para distribuir retornos financeiros aos participantes da comunidade, promovendo assim um impacto positivo e tangível. Adicionalmente, será possível implementar diversas medidas para combater a pobreza energética (alocação de fundos provenientes da comunidade para a criação de medidas de melhoria da eficiência energética em habitações de famílias vulneráveis), contribuindo para a melhoria das condições de vida dos indivíduos que enfrentam dificuldades nesse âmbito.

Os consumos mensais de energia do edifício são detalhados na Figura 33, sendo que os mesmos foram retirados de faturas de energia:

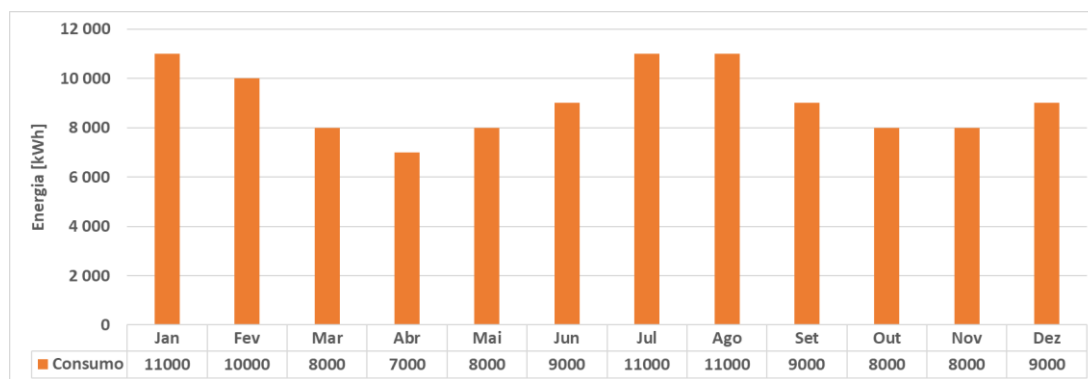


Figura 33 - Consumos mensais do edifício do CHE-CVP

A análise dos consumos mensais de energia elétrica do edifício revela um padrão sazonal claro. Os meses de janeiro e fevereiro, apresentam o consumo mais elevado, com 11 000 kWh e 10 000 kWh, respetivamente, devido ao uso intensivo de sistemas de aquecimento. Em julho e agosto, o consumo atinge novamente 11 000 kWh, refletindo a procura por arrefecimento.

Durante a primavera e o outono, o consumo é significativamente menor. Março e abril apresentam consumos de 8 000 kWh e 7 000 kWh, enquanto setembro, outubro e novembro oscilam entre 8 000 kWh e 9 000 kWh, com uma redução gradual à medida que as temperaturas amenas diminuem a necessidade de climatização.

Em dezembro, o consumo sobe novamente para 9 000 kWh, antecipando a necessidade crescente de aquecimento.

Foi possível registar-se um consumo anual de 109 MWh, sendo este um consumo bastante elevado.

A instalação do sistema fotovoltaico será realizada na cobertura plana do edifício, cuja área disponível para este propósito é de aproximadamente 458 m². No entanto, é importante destacar que a cobertura do edifício já abriga várias estruturas e equipamentos que ocupam parte deste espaço. Essas instalações existentes limitam a utilização completa da área disponível para a colocação dos painéis solares.

Além disso, a presença dessas estruturas pode resultar em sombreamento de alguns dos módulos solares. Este sombreamento, pode impactar a eficiência da produção de eletricidade dos painéis.

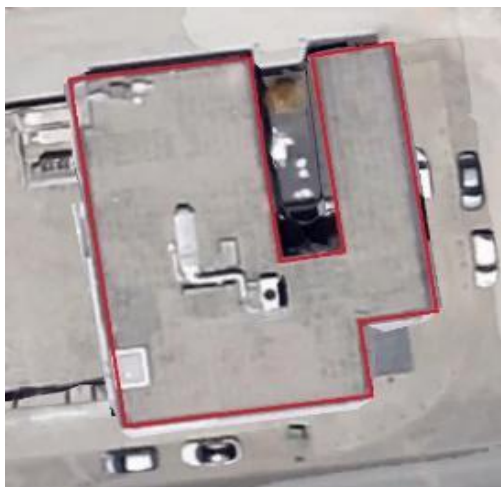


Figura 34 - Cobertura do edifício do CHE-CVP

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado com o objetivo de otimizar o uso da área disponível na cobertura do edifício e minimizar a produção de excedentes de energia solar. No entanto, a análise considerou as necessidades energéticas do edifício, que são significativamente superiores à quantidade de energia que se pode produzir pela instalação proposta. Assim, a possibilidade de produção excessiva de energia é praticamente nula.

De acordo com as ofertas comerciais obtidas, o custo total da instalação é estimado em aproximadamente 26 268 € para uma capacidade instalada de 30,51 kWp. Resultando num custo de 0,861 €/Wp. A instalação será realizada utilizando estruturas gravíticas, o que elimina a necessidade de trabalhos de construção civil adicionais.

O sistema fotovoltaico incluirá os seguintes equipamentos:

- 54 módulos fotovoltaicos JAM72S30 565/LR, com uma garantia de 12 anos;
- 1 inversor SUN2000-30KTL-M3, que possui uma garantia de 5 anos;
- 1 sistema de monitorização SmartDongle WLAN-FE, com uma garantia de 2 anos.

Estes componentes foram selecionados para garantir um desempenho eficiente e confiável do sistema fotovoltaico, proporcionando tanto a eficiência na geração de energia como a durabilidade necessária para um funcionamento prolongado.

Com base nesta proposta foi feito um cenário 3D da instalação, através do uso do software PV*SOL, de onde foi possível obter-se o seguinte cenário:

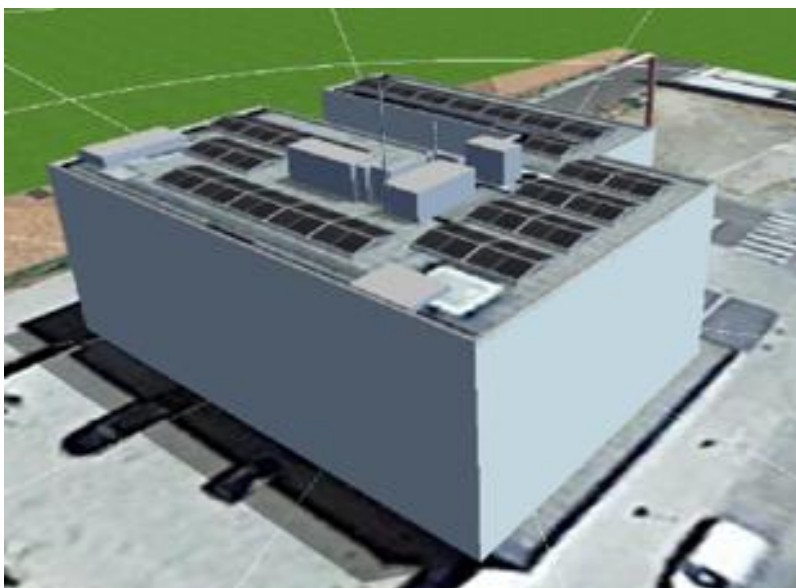


Figura 35 - Cenário 3D da instalação fotovoltaica

Com base neste cenário, foi efetuada uma simulação de onde se obtiveram os seguintes resultados:

- Potência instalada: 30,51 kWp;
- Potência do inversor fotovoltaico: 30 kWp;
- Rendimento anual específico: 1 387,93 kWh/kWp;
- Desempenho do sistema (PR): 81,1 %;
- Diminuição do rendimento por sombreamento: 4,5 %;
- Produção anual estimada: 41 522 kWh;
- Consumo anual em espera (inversor): 24 kWh;
- Emissões anuais de CO2 evitadas: 19 903 kg.

5.3. Análise Económica

Para esta análise foram delineados 3 planos de negócio e efetuada uma análise económica para cada plano, com vista á análise de qual o mais vantajoso.

Para todos estes cenários foram considerados os seguintes pressupostos:

- Perda de eficiência anual: 0,45 %;
- Preço da instalação: 0,83 €/Wp;
- Preço médio da eletricidade: 0,1543 €/kWp;
- Taxa de aumento anual da tarifa de eletricidade: 2,00 %;
- Taxa anual de inflação: 2,50 %;
- Taxa anual de desconto: 5,00 %;
- Custos anuais do seguro da instalação: 76,28 €;
- Valor total do financiamento coletivo: 26 268 €.

É importante notar que o investimento feito pelos membros é considerado uma doação, o que permite uma dedução de 25% em sede de IRS.

5.3.1. Análise dos 3 Cenários

Os três cenários consideram um retorno anual do investimento para os participantes calculado ao longo de um período de 7 anos, com taxas de juro de 3,50% no primeiro cenário, 2,20% no segundo, e 4,50% no terceiro.

Com base nestes cenários foi possível obter-se os seguintes resultados:

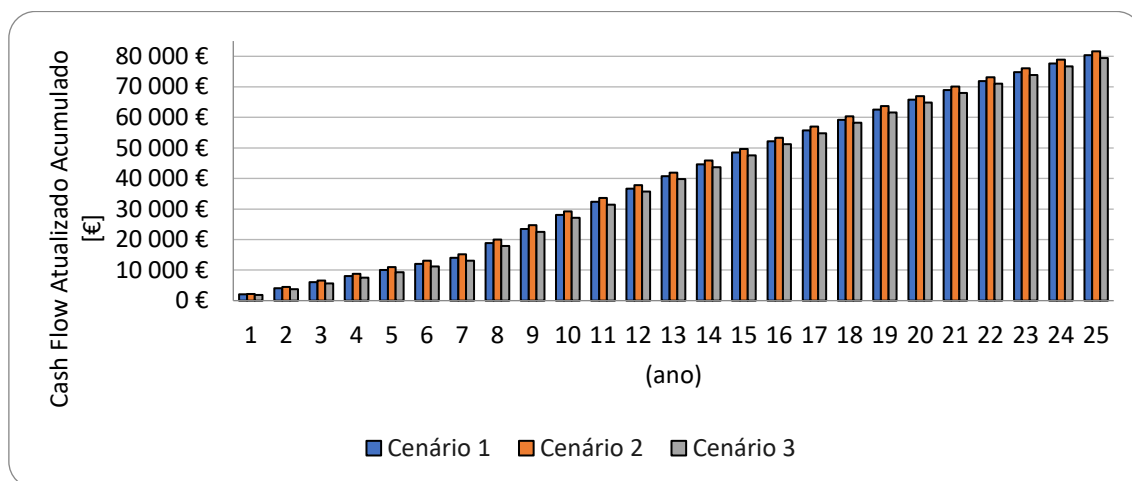


Figura 36 - Cash Flow Atualizado Acumulado de cada um dos cenários da CER-CVP

Tabela 9 - Resultados Financeiros de cada um dos cenários da CER-CVP

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Valor Atualizado Líquido [€]	80 413,42 €	81 604,63 €	79 478,23 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	32 721,82 €	31 280,77 €	33 853,16 €
Período Recuperação Investimento [anos]	0	0	0
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,0334	0,0319	0,0346

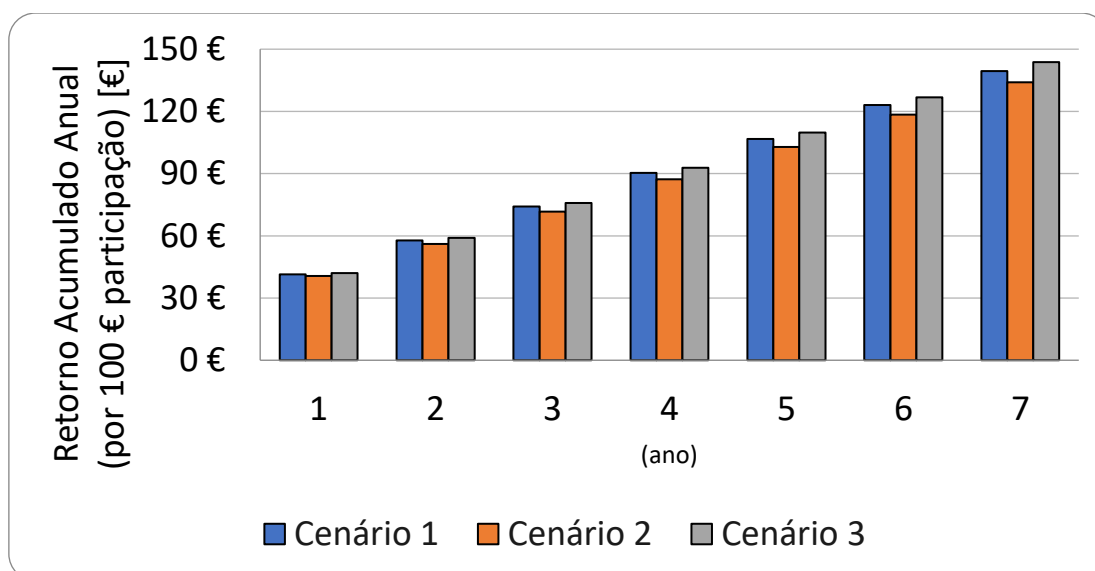


Figura 37 - Retorno Acumulado Anual (por 100€ participação) para cada um dos cenários da CER-CVP

Pode-se observar que o Método 1 apresenta um VAL de 80 413,42 € no final do período de análise, com um crescimento estável, embora modesto em comparação com os outros métodos, sobretudo a partir do oitavo ano. Por outro lado, o Cenário 2 destaca-se como o mais rentável, atingindo um VAL final de 81 604,63. O Cenário 3, embora apresente um VAL ligeiramente inferior (79 478,23 €), continua a oferecer um retorno significativo,

demonstrando um crescimento mais lento nos primeiros anos, mas acelerando após o oitavo ano.

O período de recuperação do investimento é sempre 0 em todos os métodos, pois o CHE-CVP não vai efetuar nenhum investimento inicial, e como tal nunca vai apresentar fluxos de caixa acumulados negativos.

Relativamente ao retorno total anual acumulado dos membros, o Cenário 3 é o que proporciona o maior retorno, tornando-o o mais atrativo em termos de benefícios diretos para os membros.

Nos resultados financeiros, o Cenário 2 continua a destacar-se, apresentando o maior VAL, de 81 604,63 €, seguido pelo Cenário 1, com 80 413,42 €, e pelo Cenário 3, com o VAL mais baixo, de 79 478,23 €. No que respeita ao TLCC, o Cenário 2 demonstra a maior eficiência económica, com um valor de 31 280,77 €, indicando menores custos ao longo do tempo. O Cenário 1 apresenta um TLCC de 32 721,82 €, enquanto o Cenário 3 regista o maior custo, com 33 853,16 €. Em relação ao LCOE, o Cenário 2 volta a evidenciar a sua eficiência, com um valor de 0,0319 €/kWh, o mais baixo entre os métodos. O Cenário 1 regista um LCOE de 0,0334 €/kWh, enquanto o Cenário 3 é o menos eficiente, com 0,0346 €/kWh.

Ou seja, o Cenário 2 surge como a opção mais vantajosa em termos de rentabilidade global, com o menor custo ao longo do ciclo de vida e a maior eficiência energética, comprovada pelo seu VAL mais elevado, TLCC mais baixo e LCOE mais competitivo. O Cenário 3, apesar de um crescimento inicial mais lento no VAL, destaca-se pelo maior retorno total anual acumulado para os membros, sendo uma alternativa interessante que gera uma atratividade maior aos membros. O Cenário 1, embora menos eficiente do que o Cenário 2, oferece uma abordagem segura e equilibrada, situando-se entre os dois restantes métodos no que diz respeito ao VAL e LCOE, representando assim uma escolha estável para quem procura uma solução fiável ao longo do tempo.

6. Conclusões

6.1. Modelo de simulação de gestão técnica e económica

Conclui-se que o modelo de simulação de gestão técnica e económica desenvolvido para uma CER oferece uma solução abrangente e flexível, capaz de apoiar a análise e a tomada de decisões relativas à partilha de energia. Implementado em MATLAB, o modelo cobre todas as etapas essenciais para a recolha, processamento e análise de dados, permitindo ao utilizador simular cenários de partilha de produção e consumo de energia de forma eficiente.

A interface interativa facilita a importação e exportação de dados de maneira estruturada e intuitiva, enquanto as diferentes opções de análise permitem ajustar a simulação às especificidades de cada comunidade. As funcionalidades de cálculo de consumo líquido, autoconsumo, excedentes de energia e quantificação dos impactos ambientais são fundamentais para uma gestão energética eficiente e sustentável.

Além disso, a inclusão de uma análise financeira detalhada, tanto para a comunidade como para as Instalações de Utilização (IU), enriquece o modelo ao fornecer dados relevantes para uma gestão económica eficaz da CER. Assim, o modelo não só cumpre os objetivos propostos no âmbito do Projeto 3.05 da ATE, como também demonstra a viabilidade do ACC na Universidade de Évora garantindo uma gestão eficiente da energia partilhada e maximizando o aproveitamento da produção local das UPAC, como também se posiciona como uma ferramenta estratégica para o futuro da transição energética, permitindo que as CER otimizem o seu funcionamento e maximizem os benefícios técnicos, económicos e ambientais.

6.2. ACC da Universidade de Évora

Quanto ao ACC da Universidade de Évora, pode-se concluir que a implementação deste tipo de sistemas oferece uma solução eficaz para a redução do consumo energético em edifícios localizados no centro histórico, protegido pela UNESCO. Nessas áreas, onde a instalação de painéis fotovoltaicos é inviável devido a restrições arquitetónicas e culturais, as ACC surgem como uma alternativa sustentável e que respeita essas limitações. Cumprindo também com os objetivos propostos no âmbito do Projeto 3.05 da ATE.

Ao comparar os resultados entre os sistemas de ACI e ACC (método 4, o mais vantajoso economicamente), notam-se diferenças significativas, o que permite concluir a superioridade do modelo ACC em vários parâmetros. Com a implantação do ACC obtém-se uma redução do consumo de energia proveniente da rede em cerca de 801 MWh, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 109% em relação ao ACI, que regista cerca de 383 MWh. O excedente de energia produzido pelo ACC é mais bem aproveitado e financeiramente mais valorizado em comparação com a venda à rede.

A eficiência do ACC é ainda mais evidente na taxa de autoconsumo global, que atinge aproximadamente 93,63%, mais do que o dobro da registada pelo ACI (44,74%). Esta maior eficiência resulta em substanciais poupanças financeiras: o ACC proporciona uma poupança anual de cerca de 362 304,30 €, um valor aproximadamente 226% superior à poupança de 111 087,14 € alcançada no ACI. Esse impacto económico permitirá à universidade reduzir em cerca de 11,30% o seu preço de energia no caso do ACI e em cerca de 22,27% no caso do ACC.

No que diz respeito ao VAL, o ACC também supera o ACI, apresentando um valor de aproximadamente 3 372 353,45 €, um aumento de cerca de 116% em relação aos 1 562 133,53 € registados no ACI. O período de recuperação do investimento é significativamente mais curto no ACC, com um valor de aproximadamente 2,31 anos,

enquanto o ACI necessita de cerca de 4,35 anos, representando uma redução de aproximadamente 47%. Embora o ACI apresente uma TIR de 20,08%, o ACC, com uma TIR de 40,99%, destaca-se como uma solução de menor risco, mais estável e eficiente a longo prazo (aumento de 104%).

Ao comparar os resultados dos quatro métodos aplicados no ACC, é possível observar diferenças significativas em diversos parâmetros. Em termos de energia partilhada, o Método 3 e o Método 4 apresentaram um desempenho praticamente idêntico, com o Método 3 obtendo valores aproximadamente 0,02% superiores ao Método 4. Ambos os métodos apresentaram valores de energia partilhada superiores aos demais, com uma diferença de aproximadamente 3,6% em relação ao Método 2 e de aproximadamente 27,6% superior ao Método 1. O Método 2 teve um desempenho superior ao Método 1, mas ligeiramente inferior aos valores alcançados pelos Métodos 3 e 4. Este comportamento indica que os Métodos 3 e 4 são mais eficazes em maximizar o consumo local da energia produzida, promovendo uma maior taxa de autoconsumo e reduzindo a necessidade de importar energia da rede elétrica.

Analisando os excedentes de energia, ou seja, a energia produzida que não é utilizada no autoconsumo coletivo, o Método 1 mostrou ter os maiores valores, com excedentes aproximadamente 52% superiores ao Método 2 e cerca de 83,5% superiores aos Métodos 3 e 4, sendo que o Método 4 teve excedentes de energia aproximadamente 0,17% superiores ao Método 3. Isso sugere que o Método 1 resulta numa maior quantidade de energia não utilizada.

Em termos de poupanças económicas provenientes da partilha de energia, os Métodos 3 e 4 destacaram-se novamente, com poupanças aproximadamente 30,8% superiores às do Método 1, devido à maior eficiência no autoconsumo e à menor dependência da energia externa. O Método 2 apresentou poupanças aproximadamente 18,73% superiores ao Método 1, mas cerca de 6,29% inferior às poupanças dos Métodos 3 e 4. O Método 4 obteve poupanças ligeiramente superiores ao Método 3 (aproximadamente 0,01%). Isso reflete a capacidade dos métodos mais eficientes de reduzir o custo total de eletricidade para os utilizadores.

Essas poupanças permitirão uma redução no custo de energia da Universidade de Évora de cerca de 18,96% com o Método 1, 21,51% com o Método 2, 22,21% com o Método 3 e 22,22% com o Método 4.

Os indicadores financeiros também confirmam a superioridade dos Métodos 3 e 4, sendo que o Método 4 apresenta um valor aproximadamente 0,009% superior ao valor obtido no Método 3. O VAL desses dois métodos foi cerca de 15,41% maior do que o do Método 1 e 1,87% superior ao do Método 2, indicando um melhor retorno do investimento ao longo do tempo. Além disso, o período de recuperação do investimento foi aproximadamente 13,57% mais curto nos Métodos 3 e 4 em comparação com o Método 1 e 1,79% mais curto em comparação com o Método 2. O Método 4 apresentou um período de recuperação do investimento aproximadamente 0,0087% mais curto do que o Método 3.

Quanto à TIR, os Métodos 3 e 4 apresentaram uma TIR cerca de 16,55% superior ao Método 1 e 1,71% superior ao Método 2, sendo que o Método 4 obteve uma TIR aproximadamente 0,0098% superior ao Método 3, destacando-se como um investimento mais atrativo.

Em suma, as diferenças observadas entre os métodos indicam que os Métodos 3 e 4 são mais vantajosos. O Método 3 é o mais eficaz para maximizar o autoconsumo e a eficiência energética, enquanto o Método 4 é mais eficaz para maximizar as poupanças económicas. As diferenças entre esses dois métodos são pequenas, pois os preços de energia nas diferentes IU são relativamente próximos; no entanto, quanto maior for a diferença nos

tarifários de energia, maior será a diferença nos resultados entre os dois métodos. O Método 1 e o Método 2 são mais fáceis de implementar, pois não requerem um modelo de gestão complexo para assegurar a regulação e a equidade na partilha da eletricidade produzida. O Método 2, em particular, apresentou resultados muito melhores em comparação com o Método 1 e não é significativamente inferior aos Métodos 3 e 4, tornando-se uma excelente opção quando o desenvolvimento de um modelo mais complexo não for viável.

6.3. CER do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha Portuguesa

No que toca à CER do CHE-CVP, quanto ao regulamento interno, o mesmo define as diretrizes fundamentais que regem a CER, assegurando a sua plena conformidade com o quadro normativo vigente em Portugal. Estruturado em quatro secções e contendo um total de 17 artigos, o regulamento abrange um leque diversificado de questões que envolvem tanto os membros da comunidade quanto a própria instalação de energia fotovoltaica e o CHE-CVP. Tal organização visa promover a transparência, a equidade e a eficiência na gestão da comunidade, garantindo o equilíbrio entre os direitos e deveres dos seus membros, bem como uma administração responsável dos recursos energéticos e financeiros disponíveis.

Relativamente à análise técnica da instalação fotovoltaica no edifício do CHE-CVP, foi proposto um sistema com capacidade de 30.51 kWp, tendo em vista a otimização da área disponível na cobertura. As simulações realizadas indicam uma produção anual estimada de 41 522 kWh, com uma taxa de autoconsumo de cerca de 38,09%. Esta infraestrutura pretende abranger uma parte substancial do consumo energético diurno do edifício, resultando numa contribuição significativa para a diminuição das emissões de dióxido de carbono, promovendo a sustentabilidade ambiental e proporcionando uma redução considerável nos custos energéticos.

Na análise financeira dos três cenários de negócio para a comunidade, o cenário 3 destaca-se como o mais vantajoso e atrativo para os membros, proporcionando um retorno anual do investimento inicial com juros de 4,50% ao longo de 7 anos. O Método 2 revela-se o mais rentável, com um NPV de 81 604,63 €, superando o Método 1 (80 413,42 €) por 1,48% e o Método 3 (79 478,23 €) por 2,67%, destacando-se desde os primeiros anos e mantendo a liderança. No que toca ao retorno total anual acumulado por cada 100 € investidos, o Cenário 3 atinge 143,79 € no sétimo ano, sendo 3,09% superior ao Cenário 1 (139,48 €) e 7,33% ao Cenário 2 (133,99 €). Nos custos de ciclo de vida, o Método 2 é o mais eficiente, com um TLCC de 31 280,77 €, 4,4% inferior ao Método 1 (32 721,82 €) e 7,6% inferior ao Método 3 (33 853,16 €). Quanto ao LCOE, o Método 2 apresenta o valor mais baixo, 0,0319 €/kWh, 4,49% superior ao Método 1 (0,0334 €/kWh) e 7,80% superior ao Método 3 (0,0346 €/kWh). Assim, o Método 2 destaca-se como o mais vantajoso globalmente, enquanto o Método 3 atrai pelo maior retorno acumulado aos membros, e o Método 1 oferece uma alternativa estável entre as duas opções. Sendo que o método adotado foi o terceiro como forma de tentar cativar mais membros.

Trabalho futuro

O modelo de gestão de partilha de energia desenvolvido nesta dissertação pode ser ampliado de diversas formas, aumentando a sua complexidade e aplicabilidade. A seguir, destacam-se algumas direções para os trabalhos futuros:

- Integração de sistemas de armazenamento de energia: a incorporação de soluções de armazenamento, como baterias de larga escala, permitirá otimizar o uso da energia produzida, ajustando-se à procura e maximizando a eficiência do sistema de partilha;
- Incorporação de mobilidade elétrica: a gestão de veículos elétricos, tanto como consumidores de energia como unidades de armazenamento (V2G), será fundamental para melhorar a flexibilidade do sistema, permitindo a utilização da energia armazenada nos veículos para equilibrar a rede;
- Vendas de energia dinâmicas: a introdução de um sistema de vendas de energia ajustado em tempo real, com base na oferta e procura, proporcionará um mercado mais eficiente e competitivo, beneficiando tanto consumidores como produtores;
- Gestão de Certificados de Emissão de Carbono: a inclusão de um sistema para gestão e comercialização de créditos de carbono permitirá uma maior sustentabilidade do modelo, incentivando a utilização de fontes de energia mais verdes e alinhadas com as exigências ambientais;
- Metodologias avançadas de cálculo: a adição de algoritmos de inteligência artificial permitirá uma adaptação contínua do modelo às variáveis do mercado, promovendo uma gestão de energia mais precisa e eficiente;
- Expansão para diversos modelos de negócio: a flexibilidade do modelo pode ser ampliada para incluir diferentes tipos de modelos de negócio, como cooperativas de energia ou sistemas peer-to-peer (P2P), ampliando as suas possibilidades de aplicação;
- Criação de um dashboard interativo: a implementação de um painel de controlo intuitivo permitirá aos utilizadores monitorizar, em tempo real, o consumo e a partilha de energia, facilitando a gestão;
- Desenvolvimento de software comercial: transformar o modelo desenvolvido numa ferramenta que permita a gestão de CER, disponibilizando-a no mercado com funcionalidades que permitam a sua adaptação a diferentes contextos e necessidades, promovendo a adoção a larga escala.

Esses avanços contribuirão para tornar o modelo mais dinâmico e escalável, permitindo uma gestão de energia mais eficiente, sustentável e acessível.

Referências

- [1] “Estatísticas de consumo energético mundial.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html?form=MG0AV3>
- [2] “World Energy Outlook 2023.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023/executive-summary?form=MG0AV3>
- [3] “Desequilíbrio energético: do crescimento económico às alterações climáticas.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/2024/07/21/azul/opiniao/desequilibrio-energetico-crescimento-economico-alteracoes-climaticas-2097084>
- [4] “Dia Mundial da Redução das Emissões de CO₂: Um Compromisso Global.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://aerzenlatam.com/pt/dia-mundial-da-reducao-das-emissoes-de-co2/>
- [5] COMISSÃO EUROPEIA, “Consequências das alterações climáticas.” Accessed: Mar. 20, 2024. [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_pt
- [6] José Eustáquio Diniz Alves, “Recorde de degelo nos polos em julho de 2019.” Accessed: Oct. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.ecodebate.com.br/2019/08/09/recorde-de-degelo-nos-polos-em-julho-de-2019-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>
- [7] “Trends in global average absolute sea level, 1870-2008 (US EPA).” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Subida_do_n%C3%ADvel_do_mar#/media/Ficheiro:Trends_in_global_average_absolute_sea_level,_1870-2008_\(US_EPA\).png](https://pt.wikipedia.org/wiki/Subida_do_n%C3%ADvel_do_mar#/media/Ficheiro:Trends_in_global_average_absolute_sea_level,_1870-2008_(US_EPA).png)
- [8] “Aquecimento Global: Nasa confirma aumento da temperatura da Terra.” Accessed: Oct. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.apolo11.com/noticias.php?t=Aquecimento_Global_Nasa_confirma_aumento_da_temperatura_da_Terra&id=20130116-103740
- [9] “2022 foi o ano mais quente em Portugal desde 1931.” Accessed: Oct. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.tempo.pt/noticias/actualidade/2022-foi-o-ano-mais-quente-em-portugal-desde-1931-clima.html>
- [10] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, *Decreto-Lei n.º 15/2022 de 14 de janeiro*. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>
- [11] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, *Decreto-Lei n.º 30-A/2022 | DR*. Accessed: Sep. 11, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/30-a-2022-182213906>
- [12] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, *Decreto-Lei n.º 72/2022 | DR*. Accessed: Sep. 11, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/72-2022-202357817>
- [13] ERSE, “REGULAMENTO N.º 2/2023”, Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.erse.pt/media/evihzamf/regulamento-2_2023-regulamento-do-autoconsumo.pdf
- [14] ADENE, “AUTOCONSUMO E COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL MANUAL DIGITAL.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.adene.pt/wp-content/uploads/2022/11/Manual-Digital-Autoconsumo-e-Comunidade-de-Energia-Renovavel-Guia-Legislativo.pdf>

- [15] Presidência do Conselho de Ministros, *Decreto-Lei n.º 15/2022*. Accessed: Dec. 02, 2024. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>
- [16] Eucena and REScoop, “EUROPEAN CITIZEN ENERGY ACADEMY BEST PRACTICE GUIDE FOR SOUTHEAST EUROPE Inspiring community energy initiatives.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.rescoop.eu/uploads/rescoop/downloads/2023_EUCENA-Balkan-Best-Practice-Guide-EN.pdf
- [17] CASES, *Código Cooperativo 2017*. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://cases.pt/wp-content/uploads/2021/06/CCOOP_2017-EM-VIGOR.pdf
- [18] CASES, *Estatuto dos Benefícios Fiscais*. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://cases.pt/wp-content/uploads/Cooperativas_Estatuto_de_Beneficios_Fiscais_atual_2017.pdf
- [19] D. Fernandes, *Benefícios Fiscais*. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/slideshow/manual-beneficios-fiscaispdf/259257492>
- [20] Friends of the Earth Europe, RESCOOP, ENERGY CITIES, and Coopérnico, “COMUNIDADES DE ENERGIA UM GUIA PRÁTICO.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://portoenergyhub.pt/wp-content/uploads/2023/02/Community_Energy_Guide_PT.pdf
- [21] REScoop, “PROCUREMENT GUIDE FOR COMMUNITY ENERGY.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.rescoop.eu/toolbox/procurement-guide-for-community-energy>
- [22] Karina Standal *et al.*, “SYNTHESIS REPORT OF CASE- STUDIES ON DRIVERS AND BARRIERS IN 5 SELECTED TARGET REGIONS,” 2022. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://come-res.eu/fileadmin/user_upload/Resources/Deliverables/COME_RES_D2_3_synthesis_case_studies_of_drivers_and_barriers.pdf
- [23] Presidência do Conselho de Ministros, *Decreto-Lei n.º 99/2024*. Accessed: Dec. 04, 2024. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/99-2024-898705893>
- [24] Andreas Tuerk *et al.*, “Structured overview of existing and emerging business models, related contractual conditions and recommendations for energy communities and collective actions.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2024/07/Decide_Structured-overview-of-existing-and-emerging-business-models.pdf
- [25] “Comunidades de energia e projetos de autoconsumo 100% isentos de custos de interesse económico geral.” Accessed: Dec. 19, 2024. [Online]. Available: https://www.ambienteonline.pt/noticias/comunidades-de-energia-e-projetos-de-autoconsumo-100-isentos-de-custos-de-interesse-economico-geral?utm_source=chatgpt.com
- [26] Dörte Fouquet *et al.*, “Report on novel financing instruments for RECs.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://come-res.eu/fileadmin/user_upload/Resources/Deliverables/D.4.2_Summary_Report_of_novel_financing_instruments_for_RECs.pdf
- [27] ENERGY COMMUNITIES REPOSITORY, “ENERGY SHARING FOR ENERGY COMMUNITIES.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://base.socioeco.org/docs/511ce125-deef-4f8f-ac0c-fe3d0c50012e_en.pdf

- [28] ERSE, *REGULAMENTO N.º 2/2023*. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.erse.pt/media/evihzamf/regulamento-2_2023-regulamento-do-autoconsumo.pdf
- [29] H. Queiroz, R. A. Lopes, J. Martins, F. N. Silva, L. Fialho, and N. Bilo, “Assessment of energy sharing coefficients under the new Portuguese renewable energy communities regulation,” *Heliyon*, vol. 9, no. 10, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20599.
- [30] D. Santana, “ESTUDO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/43317/1/Estudo%20para%20a%20Implementa%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20Comunidade%20de%20Energia%20Renov%C3%A1vel.pdf>
- [31] L. Madureira Carvalho, “Gestão e operação de Comunidades de Energias Renováveis com integração de baterias.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/140745/2/549938.pdf>
- [32] Ricardo Serra, “COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL ENVOLVENDO EDIFÍCIOS ESCOLARES E DE SERVIÇO PÚBLICO.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://estudogeral.uc.pt/retrieve/247007/Dissertacao_Ricardo_Serra_Versao_Final_20220729.pdf
- [33] Ana Rita Grilo Godinho, “Desenvolvimento de plataforma para gestão de Comunidades de Energia Renovável.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://run.unl.pt/handle/10362/143746>
- [34] REScoop, “Transposition tracker - Definitions.” Accessed: Nov. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.rescoop.eu/transposition-tracker>
- [35] “Eurostat - European statistics.” Accessed: Dec. 03, 2024. [Online]. Available: https://commission.europa.eu/about/departments-and-executive-agencies/eurostat-european-statistics_en?form=MG0AV3
- [36] “CER - Projeto Piloto de Comunidade de Energia Renovável — Culatra 2030.” Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.culatra2030.pt/comunidade-de-energia-renovavel>
- [37] “Coopérnico - Nasceu a primeira Comunidade de Energia Renovável numa freguesia.” Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.coopernico.org/artigo/322>
- [38] “OPEN DATA.” Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://e-redes.opendatasoft.com/explore/?exclude.keyword=internal&sort=modified>
- [39] “Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).” Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [40] “Rotulagem.” Accessed: Jan. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/eletricidade/garantias-de-origem-e-rotulagem/rotulagem/>
- [41] “Indicadores IAP.” Accessed: Jan. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.iap.gov.pt/web/iap/iAP-em-numeros>
- [42] “Europa Inversores solares Tamanho do mercado & Análise de participação - Tendências de crescimento e previsões (2024 - 2029).” Accessed: Feb. 04, 2025. [Online]. Available: https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/europe-solar-inverter-market?utm_source=chatgpt.com
- [43] R. M. M. Junior, “UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available:

- https://www.academia.edu/31085229/UNIVERSIDADE_T%C3%89CNICA_DE_LISBOA_INSTITUTO_SUPERIOR_T%C3%89CNICO_INTRODU%C3%87%C3%83O_%C3%80_ENERGIA_FOTOVOLTAICA
- [44] “Painéis solares: qual o tempo de vida útil? - Next.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://next.greenvolt.com/pt-pt/2023/02/24/paineis-solares-qual-o-tempo-de-vida-util/?utm_source=chatgpt.com
 - [45] “Degradação dos Módulos e Eficiência do Sistema FV.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://energes.com.br/degradacao/?utm_source=chatgpt.com
 - [46] “ERSE propõe aumento de 2,1% no preço da eletricidade em 2025 - Notícias - Ambiente Online.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.ambienteonline.pt/noticias/erse-propoe-aumento-de-2-1-no-preco-da-eletricidade-em-2025?utm_source=chatgpt.com
 - [47] “Qual o preço de venda do Kwh em Portugal? - LIVO.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.livo.pt/preco-de-venda-do-kwh-em-portugal-quanto-posso-receber/?utm_source=chatgpt.com
 - [48] “Portal do INE.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.ine.pt/xportal/xmain?frm_acciao=PESQUISAR&frm_area=o_ine_area_Destaques&frm_data_fim=&frm_data_ini=&frm_modos_pesquisa=PESQUISA_SIMPLES&frm_modos_texto=MODOS_TEXTO_ALL&frm_show_page_num=1&frm_tema=QUALQUER_TEMA&frm_texto=%C3%ADndice+de+pre%C3%A7os+no+consumidor&xlang=pt&xpgid=ine_pesquisa&xpid=INE&utm_source=chatgpt.com
 - [49] S. Abdul-Ganiyu, D. A. Quansah, E. W. Ramde, R. Seidu, and M. S. Adaramola, “Techno-economic analysis of solar photovoltaic (PV) and solar photovoltaic thermal (PVT) systems using exergy analysis,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 47, p. 101520, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.SETA.2021.101520.

Anexos

Anexo 1 – Artigo Análise da Comunidade de Energias Renováveis do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal (Apresentado no CIIES 2024)

Análise da Comunidade de Energias Renováveis do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal

Henrique Fava Rica*, Afonso Cavaco*, Luís Fialho*, Celísio Pires*, Pedro Horta *

* Cátedra Energias Renováveis, Universidade de Évora. Pólo da Mitra da Universidade de Évora, Edifício Ario Lobo de Azevedo, 7000-083 Nossa Senhora da Tourega, Portugal

henrique.rica@uevora.pt, acavaco@uevora.pt, lafialho@uevora.pt, celisio@uevora.pt, phorta@uevora.pt

RESUMO

A comunidade de energias renováveis do Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal (CHE-CVP) envolve a criação de uma instalação fotovoltaica de autoconsumo individual de 30 kWp na cobertura do edifício da CHE-CVP, com um custo associado de aproximadamente 26 000 €. Este projeto é financiado através de um processo de crowdfunding entre membros da Universidade de Évora e moradores locais, permitindo investimentos entre 20 € e 1 000 € para a construção da instalação. Os investidores tornam-se membros da comunidade, contribuindo para a sociedade e ambiente e recebendo retornos financeiros. A comunidade visa criar medidas de combate à pobreza energética. Para estabelecer esta comunidade, desenvolveu-se um regulamento interno, realizou-se uma análise técnica para otimização do rendimento da instalação fotovoltaica, e uma análise económica compreendendo três cenários financeiros com vista a escolher o cenário mais vantajoso para a CHE-CVP e para os participantes. Esta comunidade resulta de uma parceria entre o CHE-CVP e a Cátedra de Energias Renováveis da Universidade de Évora, no âmbito do projeto Aurora.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Fotovoltaica, Comunidade de Energias Renováveis, Crowdfunding, Combate à Pobreza Energética

ABSTRACT

The renewable energy community of the Humanitarian Center of Évora of the Portuguese Red Cross (CHE-CVP) involves the creation of a 30 kWp individual self-consumption photovoltaic installation on the roof of the CHE-CVP building, with an associated cost of approximately €26 268. This project is funded through a crowdfunding process among members of the University of Évora and residents, allowing investments ranging from €20 to €1 000 for the construction of the installation. Investors become members of the community and can obtain financial returns, contributing for social and environmental benefits whilst receiving a financial return. In addition to providing returns to members, the community aims to create measures to combat energy poverty. To establish this community, an internal regulation was developed, along with a technical analysis to optimize the performance of the photovoltaic installation, and an economic analysis involving three financial scenarios to choose the most advantageous for both CHE-CVP and the participants. This community results from a partnership between CHE-CVP and the Renewable Energy Chair of the University of Évora, in the scope of the Aurora project.

KEYWORDS: Photovoltaic Energy, Renewable Energy Community, Crowdfunding, Combatting Energy Poverty

1. INTRODUÇÃO

A transição para fontes de energia renovável é crucial para mitigar os efeitos das alterações climáticas e cumprir as metas de neutralidade carbónica estabelecidas pela União Europeia. Uma abordagem inovadora para atingir esses objetivos são as Comunidades de Energia Renovável (CER), que têm o potencial de transformar a produção e o consumo de energia. As CER são entidades coletivas que produzem e partilham energia renovável, promovendo o uso eficiente da energia e contribuindo para a redução das emissões de CO₂. As CER podem incluir diversos tipos de participantes, desde cidadãos até empresas e entidades governamentais. Estas, oferecem uma série de benefícios ambientais, económicos e sociais, compreendendo a redução de emissões, a geração de retornos económicos para os membros e o combate à pobreza energética. [1]

O projeto AURORA, visa contribuir para a redução das emissões de carbono no sector energético a partir da promoção de uma participação activa dos cidadãos, por via da criação de CER em cinco países diferentes. Em Évora, Portugal, a comunidade será estabelecida em parceria com o Centro Humanitário de Évora da Cruz Vermelha de Portugal (CHE-CVP), cuja missão compreende o combate à pobreza energética. Será construída uma instalação fotovoltaica na cobertura do edifício do CHE-CVP, financiada por crowdfunding acessível aos residentes de Évora e membros da Universidade de Évora. As poupanças de energia obtidas permitirão ao CHE-CVP reduzir a sua despesa energética, distribuir retornos financeiros aos participantes e implementar medidas de combate à pobreza energética. [2]

O planeamento desta comunidade envolveu três etapas: análise regulamentar, análise técnica e análise económica. O regulamento interno foi elaborado com base na legislação existente sobre autoconsumo e CER em Portugal. Realizou-se uma análise técnica para otimizar a produção fotovoltaica e o seu respectivo consumo, com base nos consumos de energia do edifício e no espaço disponível. Por fim, foram desenvolvidos três modelos de negócio e conduzida uma análise financeira para determinar a opção mais vantajosa para o CHE-CVP e para os participantes da comunidade.

Diferindo do conceito base de uma CER, já que neste caso os participantes da comunidade não são directamente produtores ou consumidores da energia a ela associada, pretende-se demonstrar, contudo, uma estratégia de empoderamento dos cidadãos na viabilização de investimentos em entidades do sector social visando a criação de um sentido de comunidade.

2. ANÁLISE REGULAMENTAR

Esta etapa consistiu na criação de um regulamento interno, um documento que regula os participantes e o funcionamento da comunidade, em conformidade com os decretos de lei em vigor em Portugal. É um documento obrigatório, devendo ser entregue até três meses após a entrada em funcionamento da UPAC. Este regulamento deve incluir, no mínimo: [3]

- Requisitos de admissão para novos membros;
- Procedimentos para a saída de membros existentes;
- Modalidades de partilha da energia elétrica produzida para autoconsumo (quando aplicável);
- Pagamento das tarifas devidas;
- Destino dos excedentes de energia gerada para autoconsumo;
- Política de relacionamento comercial a ser adotada e, se necessário, a aplicação das receitas correspondentes.

Com base nos critérios mínimos exigidos para o planeamento da comunidade, desenvolveu-se um regulamento interno adequado para a comunidade da CHE-CVP. O regulamento divide-se em 4 secções e 17 artigos, apresentando a seguinte estrutura da Figura 1 [4].

O regulamento inclui ainda três anexos essenciais: a listagem de membros da CER, o formulário de participação e o formulário de saída.

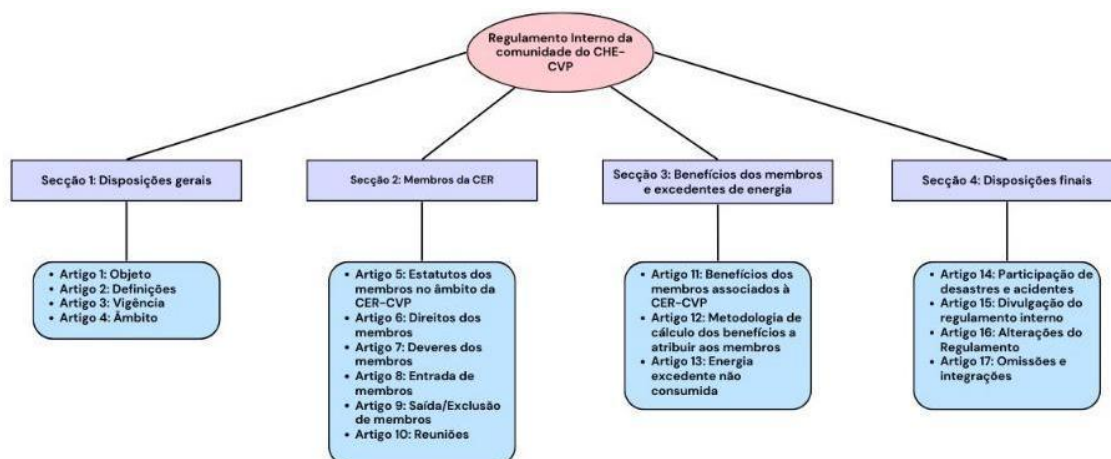


Figura 1. Estrutura do Regulamento Interno da comunidade do CHE-CVH

2.1. Secção 1: Disposições gerais

- Objeto (Artigo 1.º): Define o propósito do regulamento, baseado na legislação em vigor;
- Definições (Artigo 2.º): Apresenta os termos importantes utilizados no regulamento;
- Vigência (Artigo 3.º): Estabelece a duração do regulamento enquanto a CER-CVP estiver ativa;
- Âmbito (Artigo 4.º): Descreve os objetivos da CER-CVP e a aplicabilidade do regulamento aos membros.

2.2. Secção 2: Membros da CER

- Estatutos dos membros (Artigo 5.º): Define as categorias de membros na CER-CVP, distinguindo entre membros não produtores e membros gestores;
- Direitos dos membros (Artigo 6.º): Enumera os direitos dos membros não produtores e dos membros gestores, incluindo o direito de participar em campanhas de crowdfunding, benefícios associados à participação na CER-CVP e organização de campanhas de crowdfunding por parte dos membros gestores;
- Deveres dos membros (Artigo 7.º): Estabelece os deveres dos membros gestores e dos membros não produtores, incluindo a gestão da UPAC, participação em iniciativas promovidas pela CER-CVP, cumprimento das obrigações legais, entre outros;
- Entrada de Membros (Artigo 8.º): Define o processo de adesão à CER-CVP, incluindo a assinatura do formulário de participação, os requisitos de elegibilidade e o momento de entrada dos membros;
- Saída/Exclusão de membros (Artigo 9.º): Estabelece as condições para a saída de um membro da CER-CVP, incluindo o cumprimento das obrigações estabelecidas no regulamento, o procedimento de pedido de saída e a manutenção do saldo do cartão Dá do membro não produtor no momento da saída;
- Reuniões e deliberações (Artigo 10.º): Descreve o processo de realização de reuniões dos membros, incluindo a convocação, representação por procuração e elaboração de memorandos após cada reunião.

2.3. Secção 3: Benefícios dos membros e excedentes de energia

- Benefícios dos membros associados à CER-CVP (Artigo 11.º): Descreve os benefícios financeiros atribuídos aos membros através do "cartão Dá", que pode ser utilizado numa rede de estabelecimentos comerciais, com detalhes sobre recarregamento, validade e proteção do saldo. Destaca o acesso prioritário dos membros não produtores a futuras campanhas de crowdfunding;
- Metodologia de cálculo dos benefícios a atribuir aos membros (Artigo 12.º): Detalha a metodologia utilizada para calcular os benefícios a atribuir aos membros;
- Energia excedente não consumida (Artigo 13.º): Descreve a abordagem em relação à energia excedente produzida pela UPAC, destacando a previsão de um valor nulo ou próximo de zero de excedente e as opções em caso de existência de excedente, como armazenamento ou venda à rede elétrica.

2.4. Secção 4: Disposições finais

- Participação de Desastres e Acidentes (Artigo 14.º): Estabelece a obrigação do membro gestor de informar os membros e outros organismos competentes sobre qualquer desastre ou incidente que afete a produção da UPAC, sem impor novos custos aos membros não produtores em caso de acidente;
- Divulgação do Regulamento Interno (Artigo 15.º): Declara o presente regulamento como um documento essencial para a participação e bom funcionamento da CER-CVP, sendo divulgado e acessível a todos os membros em sua redação atual;
- Alterações do Regulamento (Artigo 16.º): Estabelece o procedimento para comunicação de alterações no regulamento aos participantes da CER-CVP, garantindo que tais alterações não comprometam os princípios fundamentais definidos na versão original. Também esclarece que alterações legislativas não afetarão a validade da participação, a menos que entrem em conflito com o propósito definido no regulamento interno;
- Omissões e integrações (Artigo 17.º): Define que as omissões serão resolvidas de acordo com a legislação e regulamentação em vigor aplicáveis às CER ou Comunidades de Cidadãos, com a definição das omissões pelo membro gestor após consulta aos membros não produtores e efetuação das devidas alterações ao regulamento interno.

3. ANÁLISE TÉCNICA

O edifício do CHE-CVP em Évora tem três andares. No rés-do-chão abriga uma clínica médica, o primeiro andar é partilhado entre a clínica e o CHE-CVP, e os escritórios do CHE-CVP encontram-se no segundo andar. A clínica é a maior consumidora de energia deste edifício e como tal são instalados medidores de energia para medição concreta dos consumos de ambas as entidades, para posterior acerto de contas.

A produção de electricidade via instalação solar, permite uma redução dos custos associados ao consumo da CHE-CVP no edifício, e a geração de uma receita adicional por via dos consumos da clínica que será acertado a preços de mercado, havendo assim uma receita adicional para a CHE-CVP. Estas receitas serão utilizadas para distribuir retornos financeiros aos participantes da comunidade e para implementar medidas de combate à pobreza energética. Os consumos mensais do edifício são os seguintes:

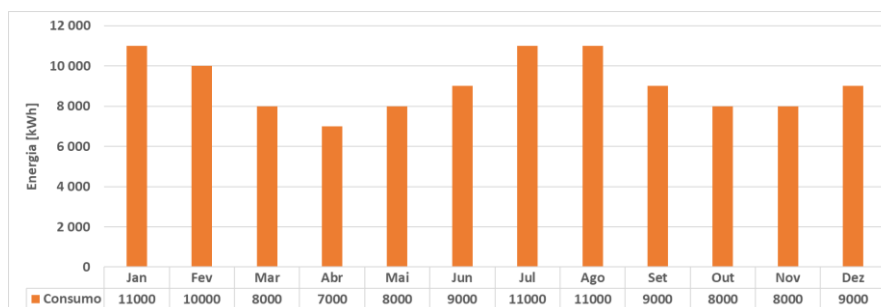


Figura 2. Consumos mensais do edifício do CHE-CVP

Com base na energia faturada, observa-se uma tendência de consumo mais elevado nos meses de janeiro, julho e agosto, tendo-se registado um consumo anual de 109 MWh.

A instalação fotovoltaica será implementada na cobertura plana do edifício, com uma área de cerca de 458 m². Contudo, existem estruturas e equipamentos na cobertura que impedem o uso total do espaço, e que podem resultar em sombreamento de alguns módulos solares, conforme Figura 3.

O dimensionamento teve por objetivo otimizar o aproveitamento da área da cobertura e minimizar a geração de excedentes de energia fotovoltaica. Contudo, os consumos energéticos do edifício são muito superiores à energia passível de ser gerada com a área disponível, eliminando quaisquer preocupações com excedentes de energia. Com base em ofertas comerciais, a instalação terá um custo aproximado de 26 268€ para uma instalação de 30,51 kWp, resultando num encargo de 0,861 €/Wp. As estruturas a serem usadas são estruturas gravíticas, sem necessidade de trabalhos de construção civil. A instalação inclui os seguintes equipamentos:

- 54 módulos fotovoltaicos JAM72S30 565/LR (garantia de 12 anos);
- 1 inversor SUN2000-30KTL-M3 (garantia de 5 anos);
- 1 sistema de monitorização SmartDongle WLAN-FE (garantia de 2 anos).



Figura 3. Cobertura do edifício do CHE-CVP e sistema fotovoltaico proposto

A simulação apresenta os seguintes resultados:

- Potência instalada: 30,00 kWp;
- Potência do gerador fotovoltaico: 30,51 kWp;
- Rendimento anual específico: 1 387,93 kWh/kWp;
- Desempenho do sistema (PR): 81,1 %;
- Diminuição do rendimento por sombreamento: 4,5 %;
- Produção anual estimada: 41 522 kWh;
- Consumo anual em espera (inversor): 24 kWh;
- Emissões anuais de CO₂ evitadas: 19 903 kg;
- LCOE (25 anos): 0,0262 €/kWh.

Com base nos valores da produção anual estimada e do consumo anual diurno registado, conclui-se que a instalação terá uma taxa de autoconsumo anual de aproximadamente 38,09%.

4. ANÁLISE ECONÓMICA

Desenvolveram-se três planos de negócio distintos para a comunidade, e realizou-se uma análise económica para cada um dos cenários, visando selecionar a opção mais vantajosa para o CHE-CVP e para os participantes da comunidade. Os três modelos estudados envolvem:

- **Cenário 1:** Retorno anual do investimento dos participantes com juros de 3,50%, durante 7 anos.
- **Cenário 2:** Retorno anual do investimento dos participantes com juros de 2,20%, durante 7 anos.
- **Cenário 3:** Retorno anual do investimento dos participantes com juros de 4,50%, durante 7 anos.

É importante notar que o investimento feito pelos membros é considerado uma doação, o que permite uma dedução de 25% em sede de IRS.

Para todos estes cenários foram considerados os seguintes pressupostos:

- Potência instalada: 30,51 kWp;
- Eletricidade anual produzida: 41 522 kWh;
- Perda de eficiência anual: 0,45 %;
- Preço da instalação: 0,83 €/Wp;
- Preço médio da eletricidade: 0,1054 €/kWh;
- Taxa de inflação: 2,50 %;
- Taxa de desconto: 5,00 %;
- Taxa de aumento da tarifa de eletricidade: 2,00 %;
- Custos anuais do seguro da instalação: 76,28 €;
- Valor total do financiamento coletivo: 26 268 €.

Com base nos parâmetros referidos obtiveram-se os seguintes resultados financeiros para cada um dos cenários:

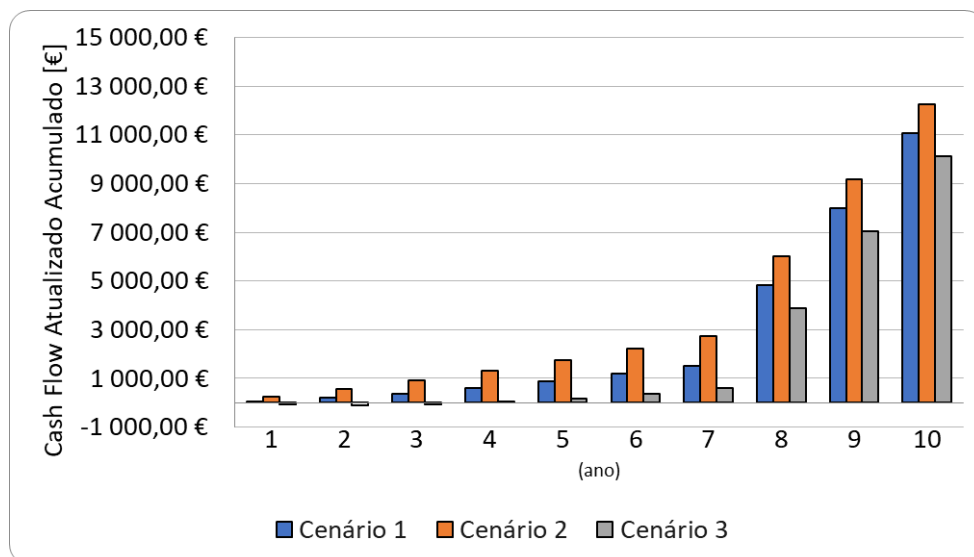


Figura 5. Cash Flow Atualizado Acumulado nos primeiros 10 anos (compreendendo o período de retorno do crowdfunding e o após o final do retorno)

Tabela 1. Resultados Financeiros (25 anos)

Resultados Financeiros					
Indicadores	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Valor Atualizado Líquido (VAL)	46 611,14 €		47 802,35 €		45 675,94 €
Custo Total do Ciclo de Vida (TLCC)	32 721,82 €		31 280,77 €		33 853,16 €
Período de Recuperação do Investimento (PRI)	0,00	anos	0,00	anos	3,58 anos
Custo Nivelado da Eletricidade (LCOE)	0,0334	€/kWh	0,0319	€/kWh	0,0346 €/kWh

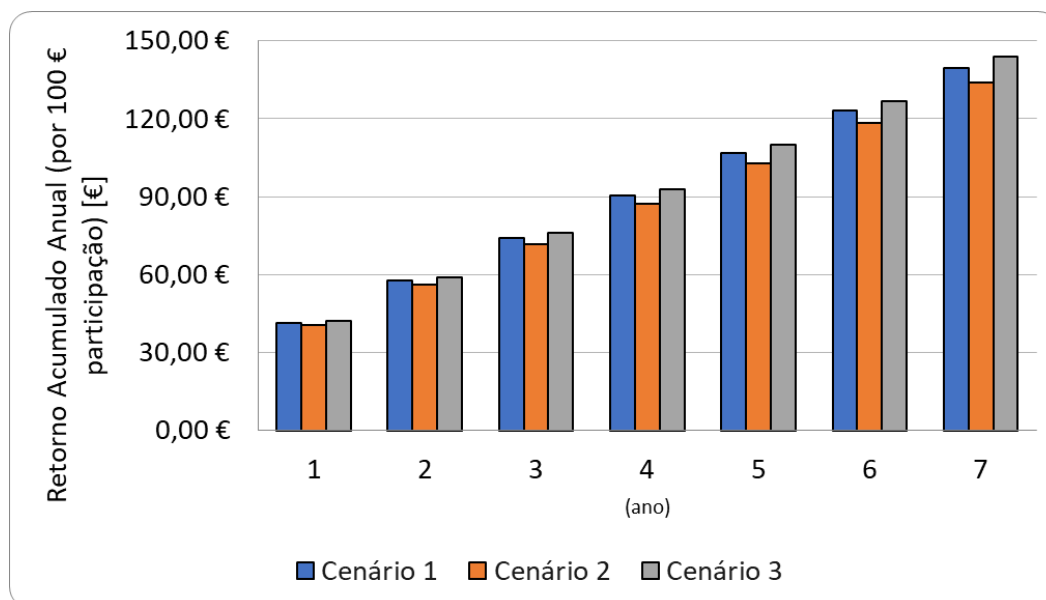


Figura 6. Retorno Total Anual Acumulado dos membros (por 100 € investidos)

5. CONCLUSÕES

O regulamento interno da comunidade do CHE-CVP estabelece as diretrizes essenciais para o funcionamento da CER, assegurando conformidade com a legislação portuguesa. Composto por 4 secções e 17 artigos, o regulamento aborda diversas questões tanto a nível dos membros da comunidade, como da instalação fotovoltaica e do papel do CHE-CVP. Esta estrutura proporciona transparência, justiça e eficiência na operação da comunidade, garantindo direitos e deveres dos membros e uma gestão adequada dos recursos energéticos e económicos.

A análise técnica da instalação fotovoltaica no edifício do CHE-CVP revelou uma proposta de 30 kWp para otimizar o aproveitamento da área da cobertura. A simulação do sistema fotovoltaico indicou uma produção anual estimada de 41 522 kWh, com uma taxa de autoconsumo anual de aproximadamente 38,09 %. Esta instalação busca atender parte significativa dos consumos energéticos do edifício durante o dia, contribuindo para a redução das emissões de CO₂, para a sustentabilidade ambiental e para uma redução de custos energéticos.

Na análise financeira dos três cenários de negócio para a comunidade, o cenário 3 destaca-se como o mais vantajoso, considerando ponto de vista dos participantes. Com um retorno anual do investimento inicial para os participantes com juros de 4,50% ao longo de 7 anos, este modelo proporciona retornos mais altos aos participantes, ou seja, uma maior atratividade.

REFERÊNCIAS

- [1] “O que são Comunidades de Energia Renovável | Enel Green Power.” Accessed: Mar. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/pt/paises/europa/italia/comunidades-energeticas-renovaveis>
- [2] “AURORA-D3.1 Report on the business models to follow-up by the different local energy communities.”
- [3] G. Legislativo, “AUTOCONSUMO E COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL MANUAL DIGITAL.”
- [4] “REGULAMENTO INTERNO DO AUTOCONSUMO COLETIVO.”

Anexo 2 – Diferenças de uma CER e de uma CCE

A Diretiva de Energias Renováveis II (RED II) define as CER como entidades legais compostas por acionistas ou membros próximos a projetos de energia renovável. O seu objetivo principal é proporcionar benefícios ambientais, económicos e sociais em vez de lucro financeiro. A RED II estabelece as atividades e acesso a mercados de energia que as CER podem ter, e os Estados-Membros devem avaliar o seu potencial e remover barreiras à sua implementação. As Comunidades de Energia Cidadã (CEC), definidas na Diretiva de Energia Interna de Mercado da Eletricidade (IEMD), partilham algumas características com as CER, mas diferem na abrangência geográfica e na possibilidade de incluir fontes não renováveis. Em resumo, há semelhanças e diferenças entre esses conceitos, como mostrado na tabela seguinte: [34]

Tabela 10- Diferenças de uma CER e de uma CEC [34]

	COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL (CER)	COMUNIDADE DE ENERGIA CIDADÃ (CEC)
FUNDAMENTOS LEGAIS	Diretiva da Energia Renovável (Art.2, Art.22)	Diretiva interna do mercado de eletricidade (Art.2, Art.16)
SUB-SECTOR	Eletricidade, aquecimento/arrefecimento, transporte	Apenas eletricidade
TECNOLOGIA	Apenas tecnologia baseada em energias renováveis	Qualquer tecnologia
FORMA LEGAL	Qualquer	Qualquer
FILIAÇÃO	Aberta, Voluntária	Aberta, Voluntária
AUTONOMIA	Devem permanecer independentes de membros ou partes interessadas convencionais do mercado que se envolvam na comunidade como membros ou detentores de ações	A independência não é obrigatória, uma vez que as decisões estão restritas aos membros e acionistas, a fim de evitar que o setor energético se torne a principal atividade económica na área
CONTROLE E LIMITAÇÃO GEOGRÁFICA	Gestão eficaz por parte dos acionistas/membros próximos dos projetos de energia renovável de propriedade da entidade legal. Os Estados-Membros podem permitir a participação de outras regiões nas Comunidades de Energia Renovável (CER)	Gestão eficaz por indivíduos, órgãos locais ou pequenas empresas, sem restrições geográficas. Os Estados-Membros têm a opção de permitir participação em energia cidadã além das fronteiras nacionais
PROPÓSITO PRIMÁRIO	Benefícios sociais, económicos e ambientais para membros/acionistas ou para a área local em que a entidade opera	
ATIVIDADES	Geração, distribuição, consumo, armazenamento, venda, agregação, fornecimento, partilha de energia e serviços relacionados à energia	Geração, distribuição, fornecimento, consumo, agregação, armazenamento, serviços de eficiência energética, serviços para carregamento de veículos elétricos e outros serviços relacionados com a energia
ESTRUTURA DE ATIVAÇÃO, ESQUEMAS DE SUPORTE	Os Estados-Membros devem criar um ambiente favorável para o crescimento das CER, o que inclui a remoção de barreiras regulatórias, tratamento igualitário, acesso facilitado a financiamento e informações, e apoio à capacitação das autoridades públicas na implementação de CER	Os Estados-Membros devem criar regulamentos favoráveis para as CEC, com participação aberta e voluntária, direitos de licenciamento para os membros, manutenção dos direitos dos membros como consumidores e cooperação das empresas de energia. Além disso, as tarifas de rede devem ser transparentes e justas. Isso facilita o desenvolvimento das CEC no setor de energia.

Anexo 3 – Características Jurídicas e Fiscais das Diferentes Formas de Pessoas Coletivas

Tabela 11- Diferentes formas de criação de uma pessoa coletiva [10], [17]

	DEFINIÇÃO	PROCESSO DE CRIAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	ONDE CRIAR
ASSOCIAÇÃO	Esta é uma entidade formada por um grupo de indivíduos que se unem devido a interesses comuns, e são criadas sem a intenção de obter lucro.	Qualquer pessoa, seja individual ou representada por uma organização, tem a possibilidade de solicitar esse serviço nas Conservatórias do Registo Civil, Predial e Comercial ou nos Balcões da Loja do Cidadão.	300€	Este serviço está disponível de forma online por meio do portal "Associação na Hora" oferecido pelo Instituto dos Registos e do Notariado (IRN).
SOCIEDADE COMERCIAL	Esta tem como finalidade permitir a realização de atividades comerciais em nome de um grupo ou individualmente. As empresas podem assumir diferentes formas legais, como sociedade anónima, sociedade em nome coletivo, sociedade por quotas, sociedade em comandita simples ou sociedade em comandita por ações.	Qualquer pessoa pode solicitar este processo nas Conservatórias do Registo Civil, Predial e Comercial ou nos Balcões da Loja do Cidadão.	360 €	Um serviço online oferecido pelo Instituto dos Registos e do Notariado (IRN) através do portal "Espaço Empresa Online".
COOPERATIVA	Esta é uma entidade independente que pode ser formada livremente por indivíduos ou grupos com fins não lucrativos. Elas operam com base na colaboração e assistência mútua de seus membros, seguindo os princípios cooperativos, para atender às necessidades económicas, sociais ou culturais. As cooperativas podem ser de dois tipos: de primeiro grau, formadas por indivíduos ou entidades, e de grau superior, que incluem uniões, federações e confederações de cooperativas.	É necessário que pelo menos três cidadãos estejam envolvidos na cooperativa. Além disso, é obrigatório fazer o registo do beneficiário efetivo (RCBE) para identificar as pessoas individuais que, mesmo que indiretamente ou por meio de terceiros, possuam o controlo real da cooperativa.	360 €	• Registo Comercial de Lisboa • Registo Nacional de Pessoas Coletivas (Lisboa) • Registo Comercial do Porto • Registo Comercial e Automóvel de Coimbra • Registo predial, Comercial e Automóvel de Évora
FUNDAÇÃO	Esta é uma entidade sem fins lucrativos formada por indivíduos ou entidades (fundadores) para administrar um património que lhes é confiado.	Qualquer pessoa interessada no registo, incluindo representantes de fundações, seus procuradores, advogados, notários e solicitadores, pode solicitar esse procedimento.	300€	Por meio da Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros (SGPCM) ou das Conservatórias de Registo Comercial.

Tabela 12- Benefícios e obrigações fiscais dos diferentes tipos de pessoas coletivas [17], [18], [19]

	BENEFÍCIOS FISCAIS	OBRIGAÇÕES FISCAIS
COOPERATIVAS	-Isenta de IRC (Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas); -Isentas de imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis; -Isentas de imposto municipal sobre imóveis; -Isentas de imposto do selo sobre os atos, contratos, documentos, títulos e outros factos, incluindo as transmissões gratuitas de bens, quando este imposto constitua seu encargo.	-Caso a cooperativa efetue pagamentos a terceiros, como salários, rendimentos de trabalho independente ou serviços prestados, esta deve efetuar as retenções na fonte devidas; -Deve registar-se como sujeito passivo de IVA e apresentar declarações periódicas de IVA, normalmente trimestrais ou mensais, dependendo do volume de faturação; -Caso a cooperativa efetue pagamentos a terceiros, como salários, rendimentos de trabalho independente ou serviços prestados, esta deve efetuar as retenções na fonte devidas; -Deve efetuar os descontos e contribuições devidas sobre os salários pagos aos seus cooperadores e funcionários, bem como efetuar os pagamentos das contribuições patronais.
SOCIEDADE COMERCIAL	-Dedução de prejuízos fiscais; -Reporte de prejuízos fiscais; -Dedução de gastos com investigação e desenvolvimento (I&D).	-Registo e identificação; -Declaração de início de atividade; -Pagamento por conta; -Declaração Periódica de Rendimento; -Pagamento do IRC; -Registo para efeito de IVA; -Declaração periódica de IVA; -Pagamento do IVA; -Faturas e registos do IVA.
FUNDAÇÃO	-Isenta de IRC; -Isenção de Imposto Municipal sobre Transmissões Onerosas de Imóveis (IMI); -Isenção de Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI); -Dedução de donativos; -Regime fiscal específico para patrimónios afetos.	-Registo e Identificação; -Sujeita a IVA; -Caso a fundação efetue pagamentos a terceiros, como salários, rendimentos de trabalho independente ou serviços prestados, esta deve efetuar as retenções na fonte devidas; -Manter registos contabilísticos adequados, apresentar outras declarações fiscais específicas quando aplicável e cumprir as obrigações contabilísticas.
ASSOCIAÇÃO	-Isenção de IRC; -Dedução de donativos; -Isenção de IMT; -Isenção de IML.	-Registo e Identificação; -Sujeita a IVA; -Caso a associação efetue pagamentos a terceiros, como salários, rendimentos de trabalho independente ou serviços prestados, esta deve efetuar as retenções na fonte devidas; -Manter registos contabilísticos adequados, apresentar outras declarações fiscais específicas quando aplicável e cumprir as obrigações contabilísticas.

Anexo 4- Passos para a criação de uma CER

Inicialmente qualquer projeto que tenha como finalidade o desenvolvimento de uma CER deve descrever de forma simples os seus ideais e objetivos.

Existem algumas perguntas que se podem colocar para auxiliar neste primeiro passo de criação de uma CER: [16], [20]

- Quem somos?
- Qual o nosso objetivo comum?
- Como podemos formar um grupo de pessoas interessadas?
- Que recursos temos disponíveis dentro do grupo, incluindo conhecimento técnico, apoio financeiro, capital social e apoio político?
- O que nos falta e quais desafios podemos vir a encontrar no futuro?

Após a definição do projeto inicial, existem diversas etapas a percorrer para a criação de uma CER: [16], [20]

1. Os promotores do projeto devem estabelecer comunicação com outros intervenientes locais. Desta forma, podem reunir apoio para a ideia original e os objetivos da comunidade de energia, enquanto demonstram abertura para incorporar as perspetivas e sugestões de potenciais novos colaboradores;
2. É fundamental realizar uma análise energética para otimizar a distribuição e o fornecimento de energia, garantindo a eficiência no uso dos recursos e a sustentabilidade do sistema. Tipicamente, analisa-se o consumo de energia ao longo de um ano completo, bem como durante algumas semanas e dias específicos. Além disso, é importante realizar um mapeamento da infraestrutura energética existente, incluindo redes elétricas, sistemas de geração e distribuição de energia, identificando os pontos de conexão e avaliando a capacidade de transporte de energia para garantir a eficiência e segurança no fornecimento.
3. Após isso, é vantajoso criar diversos cenários para a expansão da comunidade de energia, levando em consideração quais parceiros devem participar e, consequentemente, quais níveis e tipos de consumo estão incluídos. Por exemplo, é importante analisar duas ou mais configurações para a comunidade de energia, onde uma delas abrange apenas residências, enquanto a outra inclui instituições locais, estabelecimentos comerciais e possivelmente pequenas empresas;
4. Desenvolver um modelo de análise para a estrutura técnica da comunidade de energia, utilizando tecnologias de energia renovável como base. De seguida, descrever conjuntos de configurações adequados de elementos de energia renovável que se alinhem com os cenários identificados, considerando as necessidades específicas em termos de edifícios e uso do solo;
5. Procurar detalhes sobre potenciais fontes de financiamento para o investimento necessário na criação da CER;
6. Definir a estrutura organizacional, examinando diversas opções legais e analisando em detalhe os benefícios e desafios de cada uma delas;
7. Determinar a combinação ideal de produção de energia renovável e a necessidade de tecnologias de armazenamento nos cenários analisados, por via de uma análise técnico-económica dos custos de investimento e operacionais. Esta análise permite definir os benefícios proporcionados pela comunidade de energia. Para isso, será preciso obter informações sobre tarifas e taxas, e pode ser necessário

- implementar o projeto como uma iniciativa experimental para manter certas condições estruturais;
8. Definir um calendário abrangente e um plano de financiamento para concretizar os diferentes componentes da estrutura organizacional e técnica da CER. Isso pode implicar a tomada de decisões entre os cenários previamente identificados e a adaptação das metas técnicas de acordo com as oportunidades de financiamento disponíveis;
 9. Execução do projeto com a participação de construtores e consultores técnicos, podendo ser subdividido em fases, se necessário. É crucial ao longo de todo o processo ter como base um grupo de impulsionadores, que mantém comunicação tanto com os parceiros e com os beneficiários finais da comunidade de energia. Conforme o processo de implementação avança, esse grupo deverá evoluir para uma equipa coordenadora mais formal e, eventualmente, transformar-se em uma entidade corporativa estabelecida, sem perder o contacto com os parceiros e os beneficiários finais envolvidos.



Figura 38- Etapas para a criação de uma CER [16], [20]

Anexo 5 - Equações consideradas na 8ª Etapa do Modelo

A Equação 5 determina o consumo atualizado de uma IU após considerar a energia partilhada pela comunidade. O consumo inicial da IU ($C_{IU}(t)$) é reduzido pela quantidade de energia partilhada ($EP_{IU}(t)$), garantindo que o consumo final nunca seja negativo através do operador máximo. Assim, se a energia partilhada for igual ou superior ao consumo da IU num determinado instante, o consumo atualizado será zero. Este cálculo ajusta a forma como o consumo de energia é contabilizado, distinguindo a parte que foi colmatada pela partilha de energia, sendo que o excedente será partilhado por outras IU da comunidade.

Equação 5- Consumo de energia atualizado de uma IU considerando a partilha de energia, a cada 15 minutos

$$C_{A,IU}(t) = \max \left\{ C_{IU}(t) - EP_{IU}(t), 0 \right\}$$

Onde:

- $C_{A,IU}$: Consumo líquido de uma IU após considerar a energia recebida da partilha [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- C_{IU} : Consumo total de energia de uma IU sem a partilha de energia [kWh];
- EP_{IU} : Quantidade de energia partilhada com a IU, proveniente de uma UPAC da comunidade [kWh].

A Equação 6 determina o consumo total de energia da comunidade para cada 15 minutos, somando os consumos de energia de cada IU. O objetivo é obter uma visão global da necessidade energética da comunidade, permitindo uma melhor gestão da produção, da partilha de energia renovável e da necessidade de importação de eletricidade da rede.

Equação 6- Consumo total de energia da comunidade, a cada 15 minutos

$$C_C(t) = \sum_{i=1}^N C_{IU}(t)$$

Onde:

- C_C : Consumo total de energia da comunidade [kWh];
- N : número de IU na comunidade;
- C_{IU} : Consumo total de energia de uma IU sem a partilha de energia [kWh].

A Equação 7 representa a soma da produção de energia da comunidade ao longo de todos os intervalos de tempo considerados disponível para partilha. O resultado indica a quantidade total de eletricidade produzida e disponível para partilha pelas unidades de produção da comunidade, permitindo avaliar a capacidade global de geração ao longo do período analisado.

Equação 7- Produção total de energia na comunidade disponível para partilha

$$P_{T,C} = \sum_{t=15}^T P_C(t)$$

Onde:

- $P_{T,C}$: Produção total de energia na comunidade disponível para partilha [kWh];
- P_C : Produção de energia na comunidade disponível para partilha [kWh];

- T : Número total de intervalos de tempo;
- t : Período temporal de 15 minutos.

A Equação 8 calcula o consumo total de energia da comunidade ao longo de um período T , somando os consumos de energia da comunidade em cada intervalo de 15 minutos. O objetivo é obter o total acumulado de energia consumida pela comunidade durante um período específico.

Equação 8- Consumo total acumulado de energia da comunidade

$$C_{T,C} = \sum_{t=15}^T C_C(t)$$

Onde:

- $C_{T,C}$: Consumo total acumulado de energia da comunidade [kWh].
- T : Número total de intervalos de tempo;
- C_C : Consumo total de energia da comunidade [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos.

A Equação 9 calcula a quantidade de energia consumida por uma IU que provém da partilha de energia produzida por uma UPAC da comunidade. O cálculo é feito subtraindo o consumo efetivo de energia da IU (após deduzir a energia partilhada) do seu consumo total de energia. O valor obtido representa a energia que foi efetivamente recebida pela IU proveniente da produção coletiva da UPAC. A função max é utilizada para garantir que, caso a energia partilhada seja superior ao consumo da IU, o valor da energia consumida proveniente da partilha não seja negativo, sendo ajustado para zero quando necessário e considerando a energia excedente para eventual venda à RESP por via de um contrato de venda de excedentes de energia. Deste modo, assegura que a energia consumida de forma partilhada nunca ultrapasse o consumo total da IU.

Equação 9- Energia consumida por uma IU proveniente da produção partilhada por uma UPAC, a cada 15 minutos

$$E_{C,IU}(t) = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{IU}(t) - C_{A,IU}(t) \\ 0 \end{array} \right.$$

Onde:

- $E_{C,IU}$: Energia consumida por uma IU proveniente da produção partilhada por uma UPAC [kWh];
- C_{IU} : Consumo total de energia de uma IU sem a partilha de energia [kWh];
- $C_{A,IU}$: Consumo de energia atualizado de uma IU após considerar a energia recebida da partilha [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos.

A Equação 10- Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC calcula a quantidade total de energia consumida por uma IU proveniente da partilha de energia produzida por uma UPAC da comunidade, ao longo de um período T . O cálculo resulta da soma da energia recebida pela IU durante cada intervalo de 15 minutos ao longo do período T . A energia consumida por uma IU em cada intervalo de tempo é determinada pela quantidade de energia partilhada pela UPAC com a IU nesse período específico. A soma dos valores acumulados ao longo do tempo T resulta na energia total consumida pela IU proveniente da partilha de energia.

Equação 10- Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC

$$E_{TC,IU} = \sum_{t=15}^T E_{C,IU}(t)$$

Onde:

- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- T : Número total de intervalos de tempo.

A Equação 11- Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC calcula a energia total partilhada pelas UPAC que é consumida pela comunidade. Ou seja, a energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC representa a quantidade total de energia proveniente das UPAC que foi efetivamente consumida pelas IU ao longo do período considerado.

Equação 11- Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC

$$E_{TC,C} = \sum_{i=1}^N E_{TC,IU}$$

Onde:

- $E_{TC,C}$: Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC [kWh];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh];
- N : número de IU na comunidade.

A Equação 12- Taxa de autoconsumo de cada IU, a cada 15 minutos calcula a razão entre a energia que IU consome como resultado da partilha de energia pela UPAC e a energia partilhada que lhe foi atribuída. O cálculo é feito dividindo a energia consumida pela IU (proveniente da partilha) pela energia total partilhada com ela, e o resultado é multiplicado por 100 para expressar o valor como uma percentagem. Uma taxa de autoconsumo de 100% indicaria que a IU consumiu toda a energia que recebeu da UPAC, enquanto valores menores indicam que apenas uma parte da energia partilhada foi consumida.

Equação 12- Taxa de autoconsumo de cada IU, a cada 15 minutos

$$TAC_{IU}(t) = \frac{E_{C,IU}(t)}{EP_{IU}(t)} * 100$$

Onde:

- TAC_{IU} : A taxa de autoconsumo de cada IU [%];
- $E_{C,IU}$: Energia consumida por uma IU proveniente da produção partilhada por uma UPAC [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- EP_{IU} : Quantidade de energia partilhada com a IU, proveniente de uma UPAC da comunidade [kWh].

A Equação 13- Energia partilhada não consumida numa IU, a cada 15 minutos calcula a quantidade de energia que foi partilhada com uma IU, mas que não foi consumida por ela. O cálculo é feito subtraindo o consumo total de energia da IU da energia total recebida pela IU através da partilha de uma UPAC. A função max é utilizada para garantir que, caso o consumo da IU seja maior do que a energia partilhada (o que indicaria que a IU consumiu mais do que a energia partilhada), o valor da energia não consumida seja ajustado para zero, evitando valores negativos. Esse valor representa a energia excedente que foi partilhada com a IU, mas não foi consumida por ela durante o período t.

Equação 13- Energia partilhada não consumida numa IU, a cada 15 minutos

$$EE_{IU}(t) = \max \left\{ \begin{array}{l} EP_{IU}(t) - C_{IU}(t) \\ 0 \end{array} \right.$$

Onde:

- EE_{IU} : Energia partilhada que não é consumida numa IU [kWh];
- EP_{IU} : Quantidade de energia partilhada com a IU, proveniente de uma UPAC da comunidade [kWh];
- C_{IU} : Consumo total de energia de uma IU sem a partilha de energia [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos.

A Equação 14- Energia partilhada total que não é consumida numa IU calcula a energia total que foi partilhada com uma IU, mas que não foi consumida por ela ao longo de um período. A soma de energia partilhada total que não é consumida numa IU ao longo dos diferentes períodos t, em períodos de 15 minutos, resulta no total de energia partilhada, mas não consumida pela IU durante o período T.

Equação 14- Energia partilhada total que não é consumida numa IU

$$EE_{T,IU} = \sum_{t=15}^T EE_{IU}(t)$$

Onde:

- $EE_{T,IU}$: Energia partilhada total que não é consumida numa IU [kWh];
- EE_{IU} : Energia partilhada que não é consumida numa IU [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- T : Número total de intervalos de tempo.

A Equação 15- Energia partilhada total que não é consumida na comunidade determina a quantidade total de energia partilhada dentro da comunidade, mas que não foi consumida pelas IU. O cálculo é feito somando a energia não consumida de todas as IU pertencentes à comunidade ao longo do período total T.

Equação 15- Energia partilhada total que não é consumida na comunidade

$$EE_{T,C} = \sum_{i=1}^N EE_{T,IU}$$

Onde:

- $EE_{T,C}$: Energia total partilhada pelas UPAC que não foi consumida em nenhuma IU da comunidade [kWh];
- $EE_{T,IU}$: Energia partilhada total que não é consumida numa IU [kWh];

- N : número de IU na comunidade.

A Equação 16- Quantidade de energia total produzida nas UPAC da comunidade e partilhada com uma IU calcula a energia total que foi produzida pelas UPAC da comunidade e disponibilizada para uma IU específica durante o período analisado. A soma dos valores em cada intervalo de 15 minutos ao longo do tempo permite quantificar a energia atribuída para partilha entre as UPAC e a IU.

Equação 16- Quantidade de energia total produzida nas UPAC da comunidade e partilhada com uma IU

$$EP_{T,IU} = \sum_{t=15}^T EP_{IU}(t)$$

Onde:

- $EP_{T,IU}$: Quantidade de energia total produzida nas UPAC da comunidade e partilhada com uma determinada IU [kWh];
- EP_{IU} : Quantidade de energia partilhada com a IU, proveniente de uma UPAC da comunidade [kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- T : Número total de intervalos de tempo.

A Equação 17- Taxa de autoconsumo global de uma IU indica a percentagem da energia partilhada que foi efetivamente consumida pela IU ao longo do tempo. Este indicador mede a eficiência do aproveitamento da energia renovável dentro da comunidade, permitindo avaliar a dependência da IU em relação à produção energética local. Valores elevados de taxas de autoconsumo global sugerem uma utilização eficiente da energia partilhada, enquanto valores baixos podem indicar excedentes energéticos não aproveitados.

Equação 17- Taxa de autoconsumo global de uma IU

$$TAC_{T,IU} = \frac{E_{TC,IU}}{EP_{T,IU}} * 100$$

Onde:

- $TAC_{T,IU}$: Taxa de autoconsumo global de uma IU [%];
- $EP_{T,IU}$: Quantidade de energia total produzida nas UPAC da comunidade e partilhada com uma determinada IU [kWh];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh].

A Equação 18- Taxa de autoconsumo global da comunidade mede a percentagem da energia produzida nas UPAC que foi efetivamente consumida pela comunidade. Um valor elevado desta taxa indica um uso eficiente da energia produzida localmente, reduzindo a dependência da rede elétrica externa. Por outro lado, valores baixos podem sugerir que há excesso de produção não aproveitado.

Equação 18- Taxa de autoconsumo global da comunidade

$$TAC_{T,C} = \frac{E_{TC,C}}{P_{T,C}} * 100$$

Onde:

- $TAC_{T,C}$: Taxa de autoconsumo global da comunidade [%];
- $E_{TC,C}$: Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha de energia das UPAC [kWh];
- $P_{T,C}$: Produção total de energia na comunidade disponível para partilha [kWh].

A Equação 19- Custo da Energia Consumida por uma IU, a cada 15 minutos calcula o custo da energia consumida por uma IU num determinado período, multiplicando a quantidade de energia consumida pela tarifa energética aplicada. A tarifa pode variar ao longo do tempo consoante o contrato da IU com o seu fornecedor de energia.

Equação 19- Custo da Energia Consumida por uma IU, a cada 15 minutos

$$PE_{IU}(t) = C_{IU}(t) * TE_{IU}(t)$$

Onde:

- PE_{IU} : Custo da energia consumida por uma IU [€];
- TE_{IU} : Tarifa energética aplicada à IU [€/kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- C_{IU} : Consumo total de energia de uma IU sem a partilha de energia [kWh].

A Equação 20- Custo da Energia Consumida por uma IU Após a Partilha de Energia, a cada 15 minutos determina o custo da energia consumida por uma IU após considerar a energia partilhada dentro da comunidade. Como a partilha de energia reduz o consumo da rede elétrica convencional, o valor do consumo de energia atualizado de uma IU após considerar a energia recebida da partilha pode ser inferior ao consumo total original da IU, refletindo-se assim numa redução do custo energético.

Equação 20- Custo da Energia Consumida por uma IU Após a Partilha de Energia, a cada 15 minutos

$$PEA_{IU}(t) = C_{A,IU}(t) * TE_{IU}(t)$$

Onde:

- PEA_{IU} : Custo da energia consumida por uma IU após a partilha de Energia [€];
- TE_{IU} : Tarifa energética aplicada à IU [€/kWh];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- $C_{A,IU}$: Consumo de energia atualizado de uma IU após considerar a energia recebida da partilha [kWh].

A Equação 21- Poupança monetária de uma IU, a cada 15 minutos calcula a poupança monetária de uma IU resultante da partilha de energia dentro da comunidade para o período analisado. A poupança é determinada pela diferença entre o custo da energia sem partilha e o custo ajustado após considerar a energia partilhada. Caso a IU receba uma quantidade significativa de energia partilhada, a poupança será maior, reduzindo assim os custos energéticos do edifício.

Equação 21- Poupança monetária de uma IU, a cada 15 minutos

$$PM_{IU}(t) = PE_{IU}(t) - PEA_{IU}(t)$$

Onde:

- PM_{IU} : Poupança monetária obtida por uma IU [€];
- PEA_{IU} : Custo da energia consumida por uma IU após a partilha de Energia [€];

- t : Período temporal de 15 minutos;
- PE_{IU} : Custo da energia consumida por uma IU [€].

A Equação 22- Poupança monetária total de uma IU determina a poupança monetária total obtida por uma IU durante o intervalo de tempo considerado. O cálculo é realizado através da soma das poupanças obtidas em cada período de 15 minutos ao longo do horizonte temporal T.

Equação 22- Poupança monetária total de uma IU

$$PM_{T,IU} = \sum_{t=15}^T PM_{IU}(t)$$

Onde:

- $PM_{T,IU}$: Poupança monetária total de uma IU [€];
- PM_{IU} : Poupança monetária obtida por uma IU [€];
- t : Período temporal de 15 minutos;
- T : Número total de intervalos de tempo.

A Equação 23- Poupança monetária total da comunidade calcula a poupança monetária total obtida pela comunidade ao longo do tempo, somando as poupanças individuais de todas as IU participantes. Reflete o benefício económico global resultante da partilha de energia dentro da comunidade, permitindo avaliar o impacto financeiro da produção e distribuição de energia renovável.

Equação 23- Poupança monetária total da comunidade

$$PM_{T,C} = \sum_{i=1}^N PM_{T,IU}$$

Onde:

- $PM_{T,C}$: Poupança monetária total da comunidade [€];
- $PM_{T,IU}$: Poupança monetária total de uma IU [€];
- N : número de IU na comunidade.

A Equação 24- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos quantifica a redução de emissões de carbono resultante do uso de energia renovável dentro da comunidade, em comparação com a produção de eletricidade a partir da queima de resíduos sólidos urbanos (RSU). O cálculo é feito multiplicando a energia total produzida na comunidade pelo fator de emissão dos RSU, seguido da conversão de gramas para toneladas.

Equação 24- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos

$$E_{C,RSU} = \frac{P_{T,C} * F_{RSU}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{C,RSU}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos [ton];
- $P_{T,C}$: Produção total de energia na comunidade disponível para partilha [kWh];
- F_{RSU} : Fator de emissão para resíduos sólidos urbanos (722 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 25- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil calcula a redução das emissões de carbono obtida pela utilização de fontes de energia renovável na comunidade, em comparação com a cogeração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis. A energia total produzida pela comunidade é multiplicada pelo fator de emissão associado à cogeração fóssil, resultando em uma estimativa das emissões de CO₂ evitadas. O valor obtido é expresso em toneladas de CO₂.

Equação 25- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil

$$E_{C,Cog} = \frac{P_{T,C} * F_{Cog}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{C,Cog}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil [ton];
- $P_{T,C}$: Produção total de energia na comunidade disponível para partilha [kWh];
- F_{Cog} : Fator de emissão para cogeração fóssil (327 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 26- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural calcula a redução das emissões de carbono na comunidade ao comparar a produção de energia renovável com o uso de gás natural. A energia total produzida pelas UPAC da comunidade é multiplicada pelo fator de emissão associado ao gás natural, resultando em uma estimativa das emissões de CO₂ evitadas. O valor obtido é expresso em toneladas de CO₂.

Equação 26- Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural

$$E_{C,GN} = \frac{P_{T,C} * F_{GN}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{C,GN}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural [ton];
- $P_{T,C}$: Produção total de energia na comunidade disponível para partilha [kWh];
- F_{GN} : Fator de emissão para gás natural (371 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 27- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos calcula o número estimado de árvores que seriam necessárias para capturar a mesma quantidade de CO₂ evitada pela substituição de resíduos sólidos urbanos por fontes renováveis de energia. A quantidade de emissões de CO₂ evitadas pela comunidade é dividida pelo fator médio de absorção anual de CO₂ por árvore (15,6 kg) e multiplicada por 1000 para obter o número de árvores preservadas.

Equação 27- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos

$$A_{C,RSU} = \frac{E_{C,RSU}}{15,6} * 1000[41]$$

Onde:

- $A_{C,RSU}$: Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos;

- $E_{C,RSU}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos [ton].

A Equação 28- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil calcula o número estimado de árvores necessárias para capturar a mesma quantidade de CO₂ evitada pela substituição da cogeração fóssil por fontes de energia renováveis na comunidade. As emissões de CO₂ evitadas pela transição para uma energia mais limpa são divididas pelo fator de absorção médio anual de CO₂ por árvore (15,6 kg) e multiplicadas por 1000 para determinar o número de árvores preservadas.

Equação 28- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil

$$A_{C,Cog} = \frac{E_{C,Gog}}{15,6} * 1000[41]$$

Onde:

- $A_{C,Gog}$: Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil;
- $E_{C,Cog}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de cogeração fóssil [ton].

A Equação 29- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural calcula o número de árvores que seriam necessárias para absorver a quantidade de CO₂ evitada ao substituir o uso de gás natural por fontes de energia renováveis na comunidade. O valor das emissões de carbono evitadas pela transição energética é dividido pelo valor de 15,6 kg de CO₂, que representa a quantidade média de CO₂ absorvida por uma árvore anualmente, e multiplicado por 1000 para converter as toneladas de CO₂ em unidades que permitem o cálculo do número de árvores.

Equação 29- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural

$$A_{C,GN} = \frac{E_{C,GN}}{15,6} * 1000[41]$$

Onde:

- $A_{C,GN}$: Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural;
- $E_{C,GN}$: Emissões de carbono totais evitadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural [ton];

A Equação 30- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos calcula a quantidade de emissões de carbono evitadas por uma IU devido à utilização de energia proveniente da partilha de energia renovável de uma UPAC, em comparação com o uso de resíduos sólidos urbanos. O valor das emissões evitadas é obtido multiplicando a energia consumida pela IU pela pegada de carbono associada ao uso de resíduos sólidos urbanos, que é dada em gramas de CO₂ por kWh. O resultado é dividido por 1 000 000 para converter as unidades de gramas para toneladas de CO₂.

Equação 30- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos

$$E_{IU,RSU} = \frac{E_{TC,IU} * F_{RSU}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{IU,RSU}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos [ton];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh];
- F_{RSU} : Fator de emissão para resíduos sólidos urbanos (722 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 31- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil calcula as emissões de carbono evitadas por uma IU ao utilizar energia proveniente da partilha de energia de uma UPAC em comparação com o uso de cogeração fóssil. O valor das emissões evitadas é obtido multiplicando a energia consumida pela IU pela pegada de carbono associada ao uso de cogeração fóssil, que é dada em gramas de CO₂ por kWh. O resultado é dividido por 1 000 000 para converter as unidades de gramas para toneladas de CO₂.

Equação 31- Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil

$$E_{IU,cog} = \frac{E_{TC,IU} * F_{Cog}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{IU,cog}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil [ton];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh];
- F_{Cog} : Fator de emissão para cogeração fóssil (327 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 32 - Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de gás natural calcula as emissões de carbono evitadas por uma IU ao utilizar energia proveniente da partilha energética de uma UPAC em vez de recorrer ao uso de gás natural. A energia consumida pela IU é multiplicada pelo fator de emissão associado ao gás natural, que expressa as emissões de CO₂ por kWh de energia consumida. O resultado é então dividido por 1000 000 para converter o valor de gramas para toneladas de CO₂.

Equação 32 - Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de gás natural

$$E_{IU,GN} = \frac{E_{TC,IU} * F_{GN}}{1000000}$$

Onde:

- $E_{IU,GN}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de gás natural [ton];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida por uma IU proveniente da produção partilhada de uma UPAC [kWh];
- F_{GN} : Fator de emissão para gás natural (371 gCO₂/kWh).[40]

A Equação 33- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos estima o número de árvores que seriam necessárias para compensar as emissões de carbono evitadas por uma IU ao usar energia proveniente da partilha energética de uma UPAC em vez de recorrer ao uso de resíduos sólidos urbanos. O valor de emissões de carbono totais representa as emissões evitadas na IU, que é dividido pelo valor de 15,6, que é o total de CO₂ que uma árvore pode absorver por ano (em kg) em média. A multiplicação por 1000 converte o valor das emissões de toneladas

para kg, ajustando a equação para refletir o número de árvores preservadas ou compensadas.

Equação 33- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos

$$A_{IU,RSU} = \frac{E_{IU,RSU}}{15,6} * 1000 [41]$$

Onde:

- $A_{IU,RSU}$: Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos;
- $E_{IU,RSU}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de resíduos sólidos urbanos [ton].

A Equação 34- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil calcula o número de árvores que seriam necessárias para compensar as emissões de carbono evitadas por uma IU ao utilizar energia proveniente da partilha energética de uma UPAC em vez de recorrer à cogeração fóssil. O valor de emissões de carbono totais evitadas representa as emissões de carbono evitadas na IU devido à utilização de fontes de energia renovável. A divisão pelo fator 15,6 indica a quantidade média de CO₂ que uma árvore pode sequestrar por ano. A multiplicação por 1000 converte o valor das emissões de toneladas para kg, ajustando a equação para refletir o número de árvores preservadas ou compensadas.

Equação 34- Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil

$$A_{IU,Cog} = \frac{E_{IU,Cog}}{15,6} * 1000 [41]$$

Onde:

- $A_{IU,Cog}$: Número de árvores totais preservadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil;
- $E_{IU,Cog}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de cogeração fóssil [ton].

A Equação 35- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural calcula o número de árvores que seriam necessárias para compensar as emissões de carbono evitadas numa IU ao utilizar energia proveniente da partilha energética de uma UPAC, em vez de utilizar gás natural como fonte de energia. O valor de emissões de carbono totais evitadas representa as emissões de carbono evitadas devido ao uso de fontes renováveis em comparação com o uso de gás natural. A divisão por 15,6 reflete a quantidade média de CO₂ que uma árvore pode sequestrar anualmente. A multiplicação por 1000 converte as toneladas de CO₂ evitadas em kg, permitindo uma quantificação mais precisa do número de árvores preservadas.

Equação 35- Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural

$$A_{IU,GN} = \frac{E_{IU,GN}}{15,6} * 1000[41]$$

Onde:

- $A_{IU,GN}$: Número de árvores totais preservadas na comunidade comparativamente com o uso de gás natural;

- $E_{IU,GN}$: Emissões de carbono totais evitadas numa IU comparativamente com o uso de gás natural [ton].

Anexo 6 - Equações consideradas na análise da comunidade na Etapa 9 do Modelo

A Equação 36 calcula o custo total da infraestrutura fotovoltaica na comunidade, considerando a potência total instalada e o custo médio por watt-pico (Wp). A multiplicação por 1000 converte a unidade de potência de quilowatt-pico (kWp) para watt-pico (Wp), garantindo a coerência dos cálculos financeiros.

Equação 36- Preço total de instalações fotovoltaicas na comunidade

$$PTIC = 0.85 \text{ €/Wp} * Pot * 1000$$

Onde:

- PTIC: Preço total de instalações fotovoltaicas na comunidade [€];
- 0.85 €/Wp: representa o custo de uma instalação fotovoltaica por cada Wp instalado; [42]
- Pot: Potência instalada [kWp].

A Equação 37 estima os custos operacionais e de manutenção anuais do sistema fotovoltaico, assumindo que esses custos representam 1% do investimento total na instalação.

Equação 37- Custos de operação e manutenção anuais da instalação

$$COP = PTIC * 1\%$$

Onde:

- COP: Custos de operação e manutenção da instalação [€];
- PTIC: Preço total de instalações fotovoltaicas na comunidade [€];
- 1%: Percentagem do investimento total que representa os custos anuais de operação e manutenção. [44]

A Equação 38 calcula o custo médio da eletricidade na comunidade ao longo do período de análise. O valor é obtido dividindo a poupança monetária total da comunidade pela quantidade total de energia consumida da partilha das UPAC.

Equação 38- Preço médio de eletricidade na comunidade

$$PME_C = \frac{PM_{T,C}}{E_{TC,C}}$$

Onde:

- PME_C : Preço médio de eletricidade na comunidade [€/kWh];
- $PM_{T,C}$: Poupança monetária total da comunidade [€];
- $E_{TC,C}$: Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha das UPAC [kWh].

A Equação 39 estima a quantidade de eletricidade partilhada e efetivamente consumida pela comunidade ao longo dos anos, considerando a degradação natural da eficiência dos painéis fotovoltaicos. A perda de eficiência anual considerada é de 0,45%, um valor típico para sistemas fotovoltaicos, garantindo que o modelo reflita a realidade da degradação tecnológica ao longo do tempo.

Equação 39- Eletricidade produzida e consumida anualmente na comunidade

$$ELPC_n = E_{TC,C} * (100\% - PEA)^n, \quad n = [1, 25]$$

Onde:

- $ELPC_n$: Eletricidade produzida e consumida anualmente na comunidade [kWh];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $E_{TC,C}$: Energia total consumida na comunidade proveniente da partilha das UPAC [kWh];
- PEA : Perda de eficiência anual da produção de energia (considerou-se uma perda anual de 0.45%). [45]

A Equação 40 calcula a quantidade de eletricidade produzida e partilhada que não foi consumida pela comunidade ao longo dos anos, tendo em conta a redução da eficiência dos painéis solares. A equação reflete a progressiva redução da energia excedente ao longo do tempo, ajustando-se à perda anual de eficiência dos módulos fotovoltaicos.

Equação 40- Excedente de eletricidade produzida anualmente na comunidade

$$ELEC_n = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ EE_{T,C} * (100\% - PEA)^n, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $ELEC_n$: Excedente de eletricidade produzida anualmente na comunidade [kWh];
- $EE_{T,C}$: Energia partilhada total que não é consumida na comunidade [kWh];
- PEA : Perda de eficiência anual da produção de energia (considerou-se uma perda anual de 0.45%); [45]
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 41 estima a evolução do preço da eletricidade produzida na comunidade ao longo dos anos, assumindo que cresce anualmente a uma taxa fixa de 2%.

Equação 41- Preço médio de eletricidade anual na comunidade

$$PELC_n = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ PME_C * (100\% + TAPE)^n, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $PELC_n$: Preço médio de eletricidade anual na comunidade [€/kWh];
- $TAPE$: Taxa de aumento anual no preço de eletricidade (considerou-se uma taxa de 2%); [46]
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- PME_C : Preço médio de eletricidade na comunidade [€/kWh].

A Equação 42 estima a poupança monetária anual da comunidade com a energia poupada, calculando o produto entre a eletricidade produzida e consumida ($ELPC_n$) e o preço médio da eletricidade ($PELC_n$). Ao longo de 25 anos, a poupança cresce devido ao aumento anual do preço da eletricidade (2%), apesar da ligeira perda de eficiência dos painéis solares (0,45% ao ano).

Equação 42- Valor de poupança monetária anual na comunidade com a energia poupada

$$VPEC_n = ELPC_n * PELC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $VPEC_n$: Poupança monetária anual na comunidade com a energia poupada [€];
- $PELC_n$: Preço médio de eletricidade anual na comunidade [€/kWh];
- $ELPC_n$: Eletricidade produzida e consumida anualmente na comunidade [kWh].

A Equação 43 calcula o valor de venda anual de energia excedente na comunidade não aproveitada ($VVEEC_n$), multiplicando a quantidade de eletricidade excedente produzida e não aproveitada na comunidade ($ELEC_n$) pelo preço de venda da energia (PEX). Considerando que o preço de venda é de 0,05 €/kWh, esta equação permite avaliar a receita proveniente da venda da energia excedente não aproveitada ao longo de 25 anos.

Equação 43- Valor de venda anual de energia excedente na comunidade

$$VVEEC_n = ELEC_n * PEX, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $VVEEC_n$: Valor de venda anual de energia excedente na comunidade [€];
- $ELEC_n$: Excedente de eletricidade produzida anualmente na comunidade [kWh];
- PEX : Preço de venda de energia (considerou-se um valor de 0.05€/kWh). [47]

A Equação 44 calcula o valor da poupança monetária anual na comunidade, somando o valor da poupança proveniente da energia poupada com o valor da venda anual de energia excedente. Este valor reflete o total de economias ou ganhos financeiros anuais decorrentes tanto da redução no consumo de energia como da comercialização da energia excedente ao longo de 25 anos.

Equação 44- Valor da poupança monetária anual na comunidade

$$VPTC_n = VPEC_n + VVEEC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $VPTC_n$: Valor da poupança monetária anual na comunidade [€];
- $VPEC_n$: Poupança monetária anual na comunidade com a energia poupada [€];
- $VVEEC_n$: Valor de venda anual de energia excedente na comunidade [€].

A Equação 45 calcula o custo total anual das instalações fotovoltaicas da comunidade. Para o primeiro ano, o custo é igual ao preço total das instalações fotovoltaicas. Nos anos seguintes, o custo anual é zero, pois a equação assume que o investimento inicial foi realizado no primeiro ano e não há custos adicionais anuais associados ao capital investido.

Equação 45- Custo total anual das instalações fotovoltaicas da comunidade

$$CAPEXC_n = \begin{cases} PTIC, & n = 0 \\ 0, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $CAPEXC_n$: Custo total anual das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- $PTIC$: Preço total de instalações fotovoltaicas na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 46 determina o custo total anual de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas da comunidade. Para o primeiro ano, esse custo é considerado zero, pois não é necessário a realização de manutenções. A partir do primeiro ano de operação, o custo de operação e manutenção é calculado com base no custo inicial de operação e leva em conta a taxa de inflação anual, que foi considerada em 2,5%. Ou seja, a cada ano, o custo de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas aumenta devido ao impacto da inflação.

Equação 46- Custo total anual de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas da comunidade

$$OPEXC_n = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ COP * (100\% + TI)^n, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $OPEXC_n$: Custo total anual de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- COP : Custos de operação e manutenção da instalação [€];
- TI : Taxa de inflação (considerou-se um valor de 2.5%); [48]
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 47 determina os custos totais anuais das instalações fotovoltaicas na comunidade. Esses custos são compostos pelo CAPEX e pelo OPEX. O CAPEX refere-se ao custo inicial da instalação, ou seja, o valor pago para a compra e instalação do sistema fotovoltaico. Já o OPEX corresponde aos custos anuais de operação e manutenção do sistema, que, ao longo do tempo, tendem a aumentar devido à inflação. Assim, os custos totais anuais das instalações fotovoltaicas na comunidade são obtidos pela soma do CAPEX e do OPEX, resultando no valor total gasto pela comunidade por ano para manter o sistema funcionando, englobando tanto os custos iniciais quanto os custos recorrentes.

Equação 47- Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade

$$CTC_n = CAPEXC_n + OPEXC_n$$

Onde:

- CTC_n : Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- $CAPEXC_n$: Custo total anual das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- $OPEXC_n$: Custo total anual de operação e manutenção das instalações fotovoltaicas da comunidade [€].

A Equação 48 calcula o cash flow anual da comunidade, que é obtido pela subtração entre os custos totais anuais e as poupanças monetárias totais anuais. O cash flow representa o fluxo de caixa que a comunidade tem disponível a cada ano, considerando as receitas provenientes da poupança com a energia consumida e a venda de energia excedente não aproveitada, subtraindo os custos com a instalação, operação e manutenção das unidades fotovoltaicas. Dessa forma, a equação permite analisar o impacto financeiro anual do sistema fotovoltaico na comunidade, levando em conta tanto as entradas quanto as saídas de recursos financeiros.

Equação 48- Cash flow anual da comunidade

$$CFC_n = VPTC_n - CTC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- CFC_n : Cash flow anual da comunidade [€];
- CTC_n : Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- $VPTC_n$: Valor da poupança monetária anual na comunidade [€].

A Equação 49 calcula o cash flow anual acumulado da comunidade, que é obtido pela soma dos cash flows anuais ao longo dos anos de operação do sistema fotovoltaico. A equação acumula o fluxo de caixa de cada ano, permitindo observar o total de recursos financeiros gerados e disponíveis ao longo do tempo, considerando tanto as poupanças como os custos. Esse valor acumulado é útil para avaliar o desempenho financeiro global do projeto, mostrando a evolução do fluxo de caixa ao longo do período de operação (no caso, de 25 anos).

Equação 49- Cash flow anual acumulado da comunidade

$$CFAC_n = \sum_{n=0}^n CFC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFAC_n$: Cash flow acumulado anual da comunidade [€];
- CFC_n : Cash flow anual da comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 50 calcula o cash flow atualizado anual da comunidade, que ajusta o fluxo de caixa anual para o valor presente, tendo em consideração uma taxa de desconto ao longo dos anos de operação do sistema fotovoltaico. A taxa de desconto de 5% é utilizada para refletir a diminuição do valor do dinheiro no tempo, o que é comum em análises financeiras, dado que valores futuros têm um peso menor em comparação com valores presentes.

Equação 50- Cash flow atualizado anual da comunidade

$$CFATC_n = \frac{CFC_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFATC_n$: Cash flow atualizado anual da comunidade [€];
- CFC_n : Cash flow anual da comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 51 calcula o cash flow atualizado acumulado anual da comunidade, que é a soma dos cash flows atualizados anuais ao longo dos anos de operação do sistema fotovoltaico. Esta equação fornece uma visão do total acumulado de fluxos de caixa ajustados pela taxa de desconto, o que permite avaliar o retorno total ao longo do tempo, considerando o valor do dinheiro no tempo.

Equação 51- Cash flow atualizado acumulado anual da comunidade

$$CFATAC_n = \sum_{n=0}^n CFATC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFATAC_n$: Cash flow atualizado acumulado anual da comunidade [€];
- $CFATC_n$: Cash flow atualizado anual da comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 52 calcula as receitas atualizadas anuais na comunidade, que são obtidas ao dividir o valor da poupança monetária anual pelo fator de desconto correspondente ao ano n . O fator de desconto é calculado com base na taxa de desconto, que, neste caso, é de 5% ao ano. A equação ajusta as receitas ao valor presente, considerando a depreciação do valor do dinheiro ao longo do tempo.

Equação 52- Receitas atualizadas anuais na comunidade

$$RAC_n = \frac{VPTC_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- RAC_n : Receitas atualizadas anuais na comunidade [€];
- $VPTC_n$: Valor da poupança monetária anual na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 53 calcula os custos totais atualizados anuais na comunidade, que são obtidos ao dividir os custos totais anuais da instalação fotovoltaica pelo fator de desconto correspondente ao ano n . O fator de desconto é calculado com base na taxa de desconto, que, neste caso, é de 5% ao ano.

Este cálculo ajusta os custos ao valor presente, considerando a depreciação do valor do dinheiro ao longo do tempo, e oferece uma avaliação precisa de quanto os custos anuais representam em termos de valor atual.

Equação 53- Custos totais atualizados anuais na comunidade

$$CTAC_n = \frac{CTC_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CTAC_n$: Custos totais atualizados anuais na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- CTC_n : Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade [€];
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 54 calcula as receitas de venda de energia não aproveitada excedente atualizadas anuais na comunidade. Essas receitas são obtidas ao dividir o valor de venda anual de energia excedente pela taxa de desconto acumulada para o ano n . A taxa de desconto considerada para o cálculo é de 5% ao ano. Este ajuste ao valor presente das

receitas de venda de energia não aproveitada excedente permite avaliar de maneira realista quanto essas receitas representam em termos de valor atual, levando em consideração a perda de valor do dinheiro ao longo do tempo.

Equação 54- Receitas venda de energia não aproveitada excedente atualizadas anuais na comunidade

$$RVEAC_n = \frac{VVEEC_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $RVEAC_n$: Receitas venda de energia não aproveitada excedente atualizadas anuais na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $VVEEC_n$: Valor de venda anual de energia excedente na comunidade [€];
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 55 calcula as receitas da poupança energética atualizadas anuais na comunidade. Essas receitas são obtidas ao dividir o valor da poupança monetária anual pela taxa de desconto acumulada para o ano n . A taxa de desconto, considerada de 5%, é usada para ajustar o valor da poupança energética, refletindo a perda de valor do dinheiro ao longo do tempo.

Equação 55- Receitas da poupança energética atualizadas anuais na comunidade

$$RPEAC_n = \frac{VPEC_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $RPEAC_n$: Receitas da poupança energética atualizadas anuais na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $VPEC_n$: Poupança monetária anual na comunidade com a energia poupada [€];
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 56 calcula o Valor Atualizado Líquido (VAL) na comunidade, utilizando o cash flow atualizado acumulado anual da comunidade ao longo de um período de 25 anos ($n=25$).

O VAL é uma métrica financeira importante, pois reflete o valor presente líquido dos fluxos de caixa futuros ao longo do tempo, considerando uma taxa de desconto. Um VAL positivo indica que o projeto traz benefícios financeiros para a comunidade, enquanto um VAL negativo sugere que os custos superam os benefícios esperados, tornando o investimento não rentável.

Equação 56- Valor atualizado líquido na comunidade

$$VALC = CFATAC_n, \quad n = 25$$

Onde:

- $VALC$: Valor atualizado líquido na comunidade [€];
- $CFATAC_n$: Cash flow atualizado acumulado anual da comunidade [€];

- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 57 calcula os Custos Totais do Ciclo de Vida (CTCVC) na comunidade, representados pela soma dos custos totais anuais ao longo de um período de 25 anos ($n=0$ a $n=25$).

O CTCVC reflete todos os custos envolvidos na implementação e operação das instalações fotovoltaicas ao longo da sua vida útil. Isso inclui não apenas os custos iniciais de instalação, mas também os custos anuais de operação, manutenção e outros custos recorrentes durante o ciclo de vida do projeto.

Equação 57- Custos totais do ciclo de vida na comunidade

$$CTCVC = \sum_{n=0}^{25} CTC_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- CTCVC: Custos totais do ciclo de vida na comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- CTC_n : Custos totais anuais das instalações fotovoltaicas da comunidade [€].

A Equação 58 calcula o Período de Retorno de Investimento (PRIC) na comunidade, utilizando os cash flows acumulados atualizados ao longo do tempo. O PRIC é um indicador importante para determinar em quanto tempo o investimento inicial é recuperado, considerando o fluxo de caixa gerado ao longo dos anos.

A fórmula calcula o período necessário para que o investimento inicial seja recuperado, considerando os fluxos de caixa que estão sendo gerados em cada ano.

Equação 58- Período de retorno de investimento na comunidade

$$PRIC = Y_1 + \frac{(0 - X_1) * (Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}$$

Onde:

- PRIC: Período de retorno de investimento na comunidade [anos];
- X_1, Y_1 : Cash flow atualizado acumulado e ano imediatamente antes de atingir o valor positivo;
- X_2, Y_2 : Cash flow atualizado acumulado e ano no qual o valor positivo é atingido.

A Equação 59 calcula a Taxa Interna de Retorno na comunidade (TIRC), que é uma métrica financeira usada para avaliar a rentabilidade de um projeto ao longo do tempo.

A TIR é a taxa de desconto que, aplicada aos fluxos de caixa do projeto, resulta em um valor presente líquido (VPL) igual a zero. Em outras palavras, a TIR é a taxa de rentabilidade efetiva do projeto, que indica o retorno percentual que o investimento gera ao longo do tempo.

Equação 59- Taxa interna de retorno na comunidade

$$0 = \sum_{n=0}^{25} \frac{CFATC_n}{(1 + TIRC)^n} * 100, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $TIRC$: Taxa interna de retorno na comunidade [%];
- $CFATC_n$: Cash flow atualizado anual da comunidade [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 60 calcula o Custo Nivelado de Eletricidade na comunidade, que é o custo médio da eletricidade produzida ao longo do ciclo de vida do projeto, considerando todos os custos envolvidos. O LCOEC é determinado dividindo-se o Custo Total do Ciclo de Vida da instalação fotovoltaica pelo somatório da eletricidade produzida anualmente ao longo dos 25 anos de operação do sistema. Este valor indica o custo médio por kWh de eletricidade fornecida pela instalação, o que permite avaliar a competitividade do projeto em relação a outras fontes de energia.

Equação 60- Custo nivelado de eletricidade na comunidade

$$LCOEC = \frac{CTCVC}{\sum_{n=0}^{25} (ELPC_n + ELEC_n)}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $LCOEC$: Custo nivelado de eletricidade na comunidade [€/kWh];
- $CTCVC$: Custos totais do ciclo de vida na comunidade [€];
- $ELPC_n$: Eletricidade produzida e consumida anualmente na comunidade [kWh];
- $ELEC_n$: Excedente de eletricidade produzida anualmente na comunidade [kWh];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

Anexo 7 - Equações consideradas na análise de cada IU na Etapa 9 do Modelo

A Equação 61 determina o preço médio de eletricidade de uma IU, que é o preço médio pago pela eletricidade consumida por uma IU dentro de uma comunidade, considerando a energia fornecida pela instalação fotovoltaica. O preço médio é calculado dividindo-se a poupança monetária total de uma IU pela energia total consumida na IU proveniente da partilha de uma UPAC. Esse valor reflete o custo médio de eletricidade para a unidade consumidora, considerando a contribuição do sistema fotovoltaico na redução dos custos energéticos.

Equação 61- Preço médio de eletricidade de uma IU

$$PME_{IU} = \frac{PM_{T,IU}}{E_{TC,IU}}$$

Onde:

- PME_{IU} : Preço médio de eletricidade de uma IU [€/kWh];
- $PM_{T,IU}$: Poupança monetária total de uma IU [€];
- $E_{TC,IU}$: Energia total consumida numa IU proveniente da partilha de uma UPAC [kWh].

A Equação 62 calcula a eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU ao longo da vida útil da instalação fotovoltaica, estimada em 25 anos. O valor de $ELPIU_n$ é determinado com base na energia total consumida pela IU no primeiro ano, ajustado anualmente pela perda de eficiência da produção de energia, que foi considerada em 0,45% ao ano. Essa equação permite estimar a disponibilidade de energia renovável para consumo direto na IU ao longo do tempo, levando em conta a degradação natural do sistema fotovoltaico.

Equação 62- Eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU

$$ELPIU_n = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ E_{TC,IU} * (100\% - PEA)^n, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $ELPIU_n$: Eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU [kWh];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos);[44]
- PEA : Perda de eficiência anual da produção de energia (considerou-se uma perda anual de 0.45%).[45]

A Equação 63 determina o preço médio de eletricidade anual numa IU ao longo do tempo. Inicialmente, o valor de referência é o preço médio de eletricidade da IU (PME_{IU}), que sofre um aumento anual baseado na taxa de aumento do preço da eletricidade, considerada como 2% ao ano. Esse cálculo permite projetar a evolução do custo da eletricidade para a IU ao longo dos 25 anos de operação da instalação, refletindo o impacto do aumento tarifário na economia de energia da comunidade.

Equação 63- Preço médio de eletricidade anual numa IU

$$PELIU_n = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ PME_{IU} * (100\% + TAPE)^n, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $PELIU_n$: Preço médio de eletricidade anual numa IU [€/kWh];
- PME_{IU} : Preço médio de eletricidade de uma IU [€/kWh];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos);[44]
- $TAPE$: Taxa de aumento anual no preço de eletricidade (considerou-se uma taxa de 2%).[46]

A Equação 64 determina o valor da poupança monetária anual de uma IU com a energia poupada. Esse valor resulta da multiplicação da eletricidade partilhada e consumida anualmente pela IU pelo preço médio da eletricidade anual na IU.

Equação 64- Valor de poupança monetária anual numa IU com a energia poupada

$$VPEIU_n = ELPIU_n * PELIU_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $VPEIU_n$: Valor de poupança monetária anual numa IU com a energia poupada [€];
- $ELPIU_n$: Eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU [kWh];
- $PELIU_n$: Preço médio de eletricidade anual numa IU [€/kWh];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 65 calcula o custo total anual que cada IU paga para a construção das instalações fotovoltaicas. No ano zero, esse custo corresponde ao investimento inicial (INVIU) realizado pela IU. Nos anos seguintes ($n=1$ a 25), esse custo é considerado zero, pois o investimento inicial já foi realizado.

Equação 65- Custo total anual pago pelas IU para a construção das instalações fotovoltaicas

$$CAPEXIU_n = \begin{cases} INVIU, & n = 0 \\ 0, & n = [1, 25] \end{cases}$$

Onde:

- $CAPEXIU_n$: Custo total anual pago pelas IU para a construção das instalações fotovoltaicas [€];
- $INVIU$: Investimento inicial feito por uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 66 define os custos totais anuais pagos por uma IU, sendo equivalentes ao custo total anual pago para a construção das instalações fotovoltaicas (CAPEXIU). Como visto anteriormente, esse custo ocorre apenas no ano inicial ($n=0$), representando o investimento inicial da IU. Nos anos seguintes, não há custos adicionais diretos associados à construção.

Equação 66- Custos totais anuais pagos pelas IU

$$CTIU_n = CAPEXIU_n$$

Onde:

- $CTIU_n$: Custos totais anuais pagos pelas IU [€];
- $CAPEXIU_n$: Custo total anual pago pelas IU para a construção das instalações fotovoltaicas [€];

A Equação 67 determina o cash flow anual de uma IU, calculado como a diferença entre o valor da poupança monetária anual da IU e os custos totais anuais pagos pela IU. Esse valor representa o benefício líquido que a IU obtém a cada ano, levando em conta a economia gerada pela poupança de eletricidade e o custo associado ao investimento na instalação fotovoltaica.

Equação 67- Cash flow anual de uma IU

$$CFIU_n = VPEIU_n - CTIU_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFIU_n$: Cash flow anual de uma IU [€];
- $VPEIU_n$: Valor de poupança monetária anual numa IU com a energia poupada [€];
- $CTIU_n$: Custos totais anuais pagos pelas IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos). [44]

A Equação 68 calcula o cash flow anual acumulado de uma IU somando, ao longo dos anos, os valores do cash flow anual da IU. Esse acumulado representa a evolução do retorno financeiro da IU ao longo do tempo, permitindo avaliar o momento em que o investimento inicial é recuperado e os benefícios líquidos começam a ser obtidos.

Equação 68- Cash flow anual acumulado de uma IU

$$CFAIU_n = \sum_{n=0}^n CFIU_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFAIU_n$: Cash flow acumulado anual de uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $CFIU_n$: Cash flow anual de uma IU [€].

A Equação 69 determina o cash flow atualizado anual de uma IU, ajustando o cash flow anual pelo efeito do tempo, usando a taxa de desconto de 5%. Este cálculo reflete o valor presente do fluxo de caixa, considerando a desvalorização do dinheiro ao longo dos anos.

Equação 69- Cash flow atualizado anual de uma IU

$$CFATIU_n = \frac{CFIU_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFATIU_n$: Cash flow atualizado anual de uma IU [€];
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%); [49]

- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $CFIU_n$: Cash flow anual de uma IU [€].

A Equação 70 calcula o cash flow atualizado acumulado anual de uma IU somando os valores do cash flow atualizado anual ao longo dos anos. Este indicador mostra a evolução do fluxo de caixa ajustado à taxa de desconto, permitindo avaliar o retorno financeiro da instalação fotovoltaica ao longo do tempo.

Equação 70- Cash flow atualizado acumulado anual de uma IU

$$CFATAIU_n = \sum_{n=0}^n CFATIU_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CFATAIU_n$: Cash flow atualizado acumulado anual de uma IU [€];
- $CFATIU_n$: Cash flow atualizado anual de uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]

A Equação 71 calcula as receitas atualizadas anuais de uma IU, ajustando o valor das poupanças monetárias obtidas com a energia poupada pela taxa de desconto TD. Este cálculo permite analisar o valor presente das receitas anuais ao longo dos anos, considerando o impacto da taxa de desconto, que reflete a diminuição do valor do dinheiro ao longo do tempo.

Equação 71- Receitas atualizadas anuais de uma IU

$$RAIU_n = \frac{VPEIU_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $RAIU_n$: Receitas atualizadas anuais de uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $VPEIU_n$: Valor de poupança monetária anual numa IU com a energia poupada [€];
- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%). [49]

A Equação 72 calcula os custos totais atualizados anuais de uma IU, ajustando os custos totais anuais pagos pela IU pela taxa de desconto. Este cálculo permite avaliar os custos de operação ao longo do tempo, levando em consideração a depreciação do valor do dinheiro, refletindo a redução do valor monetário em anos futuros. O ajuste pela taxa de desconto possibilita uma análise mais realista dos custos totais ao longo do ciclo de vida da instalação fotovoltaica.

Equação 72- Custos totais atualizados anuais de uma IU

$$CTAIU_n = \frac{CTIU_n}{(100\% + TD)^n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- $CTAC_n$: Custos totais atualizados anuais de uma IU [€];

- TD : Taxa de desconto (considerou-se uma taxa de 5%); [49]
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $CTIU_n$: Custos totais anuais pagos pelas IU [€].

A Equação 73 calcula o valor atualizado líquido de uma IU ao longo de 25 anos. Este valor é obtido a partir do cash flow atualizado acumulado até o final do período de análise, considerando a taxa de desconto. O VALIU representa a quantia líquida que uma IU obterá após descontar os custos e somar as receitas ao longo do tempo, considerando o valor do dinheiro no futuro.

Equação 73- Valor atualizado líquido de uma IU

$$VALIU = CFATAIU_n, \quad n = 25$$

Onde:

- VALIU: Valor atualizado líquido de uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $CFATAIU_n$: Cash flow atualizado acumulado anual de uma IU [€].

A Equação 74 calcula os custos totais do ciclo de vida de uma IU ao longo de 25 anos. Este valor é obtido somando todos os custos totais anuais pagos pelas IU durante o período de operação da instalação fotovoltaica. O CTCVIU reflete o custo total para a IU durante o ciclo de vida da instalação.

Equação 74- Custos totais do ciclo de vida de uma IU

$$CTCVIU = \sum_{n=0}^{25} CTIU_n, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- CTCVIU: Custos totais do ciclo de vida de uma IU [€];
- n : ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- $CTIU_n$: Custos totais anuais pagos pelas IU [€].

A Equação 75 calcula o Período de Retorno de Investimento de uma IU (PRIIU), ou seja, o tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado. A fórmula permite calcular o ano exato em que o valor acumulado de cash flow se torna positivo, indicando quando o investimento é recuperado, levando em consideração o valor do cash flow atualizado ao longo dos anos.

Equação 75- Período de retorno de investimento de uma IU

$$PRIIU = Y_1 + \frac{(0 - X_1) * (Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}$$

Onde:

- PRIIU: Período de retorno de investimento de uma IU [anos];
- X_1, Y_1 : Cash flow atualizado acumulado e ano imediatamente antes de atingir o valor positivo;
- X_2, Y_2 : Cash flow atualizado acumulado e ano no qual o valor positivo é atingido.

A Equação 76 calcula a Taxa Interna de Retorno de uma IU (TIRIU). A TIRIU é a taxa de desconto que torna o valor presente líquido (VPL) de todos os fluxos de caixa (entradas e saídas) de uma IU igual a zero, representando a taxa de rentabilidade do investimento ao longo do seu ciclo de vida.

Equação 76- Taxa interna de retorno de uma IU

$$0 = \sum_{n=0}^{25} \frac{CFATIU_n}{(1 + TIRIU)^n} * 100, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- *TIRIU*: Taxa interna de retorno de uma IU [%];
- *n*: ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- *CFATIU_n*: Cash flow atualizado anual de uma IU [€].

A Equação 77 calcula o Custo Nivelado de Eletricidade para uma IU (LCOE IU), que é uma métrica utilizada para avaliar o custo médio de geração de eletricidade ao longo da vida útil de uma instalação, considerando todos os custos envolvidos.

Equação 77- Custo nivelado de eletricidade na comunidade

$$LCOE IU = \frac{CTCVIU}{\sum_{n=0}^{25} ELPIU_n}, \quad n = [0, 25]$$

Onde:

- *LCOE IU*: Custo nivelado de eletricidade de uma IU [€/kWh];
- *n*: ano de operação da instalação (considerou-se um tempo de vida da instalação de 25 anos); [44]
- *CTCVIU*: Custos totais do ciclo de vida de uma IU [€];
- *ELPIU_n*: Eletricidade partilhada e consumida anualmente numa IU [kWh].

Anexo 8 - Gráficos de consumo mensal, semanal e a média do consumo a cada quinze minutos dos edifícios da CER da Universidade de Évora

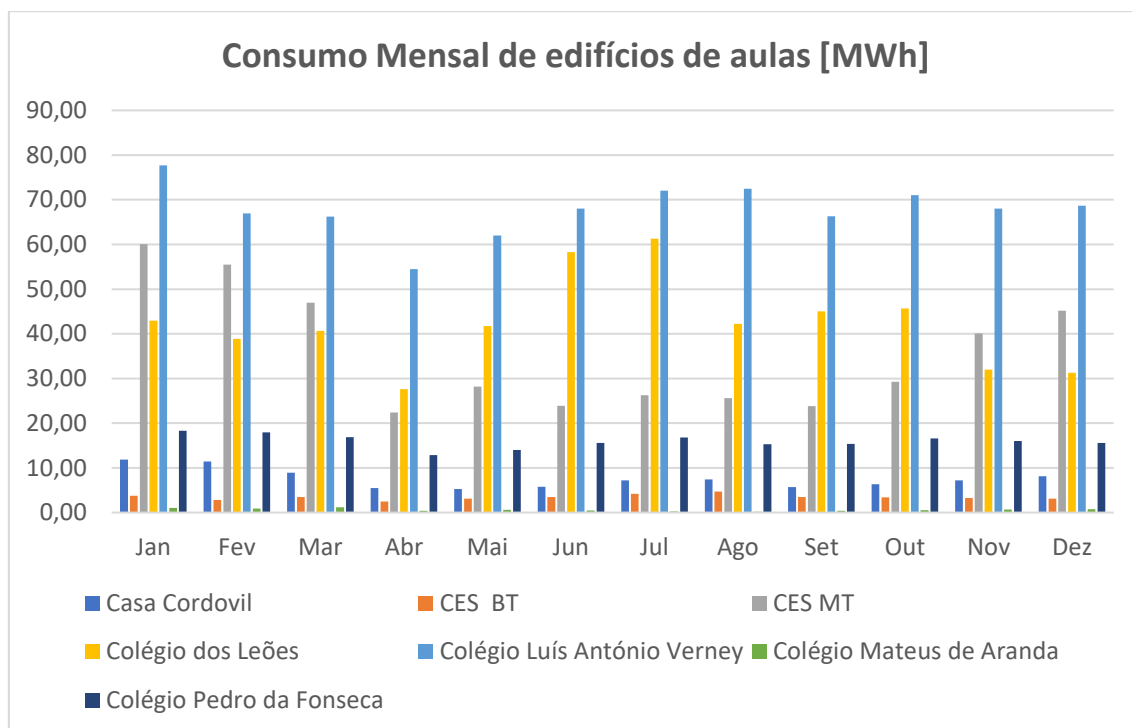


Figura 39 - Consumo Mensal Total de edifícios de aulas

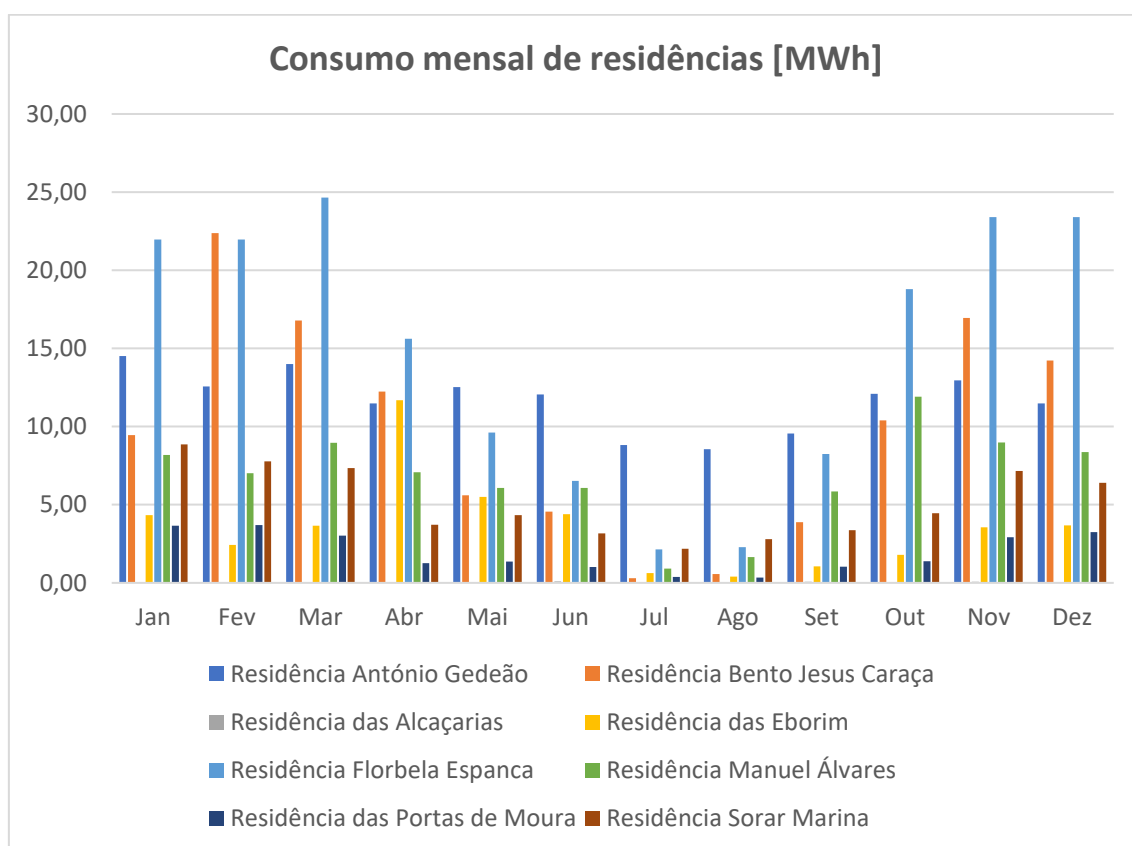


Figura 40 - Consumo Mensal Total de residências

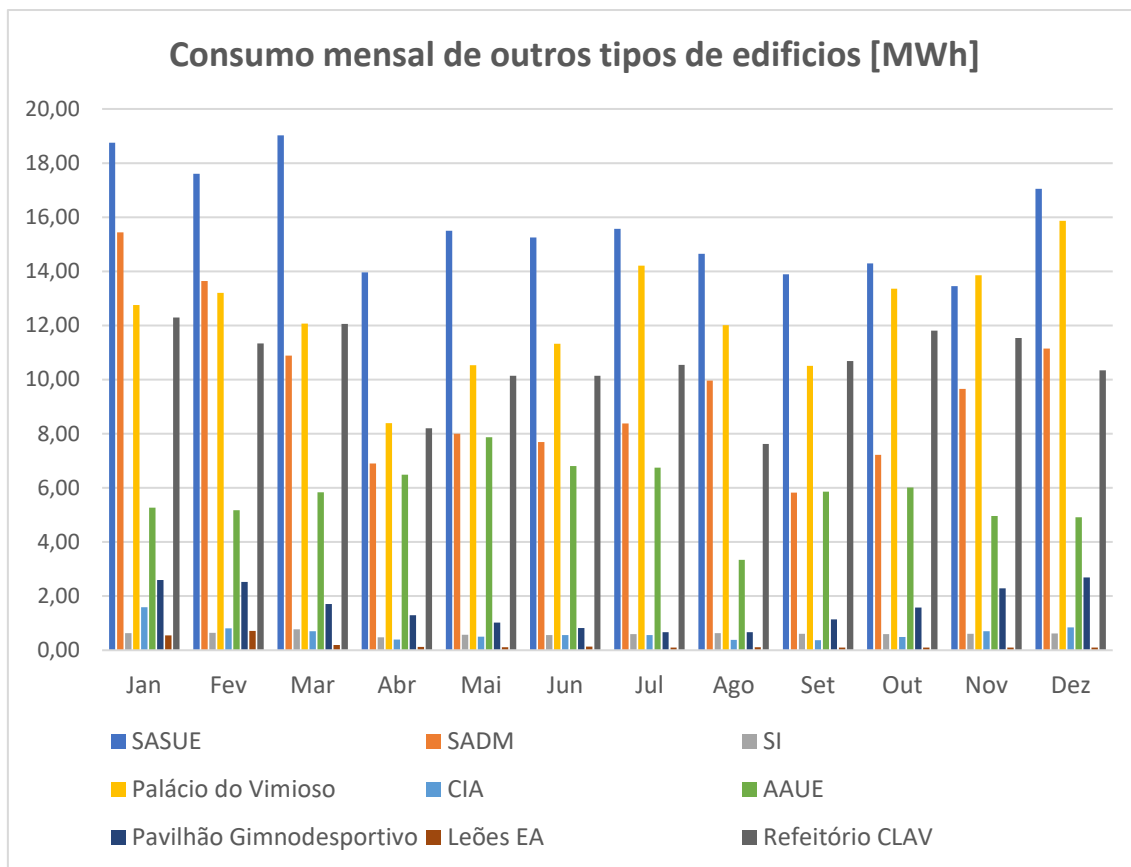


Figura 41 - Consumo Mensal Total de outros tipos de edificios

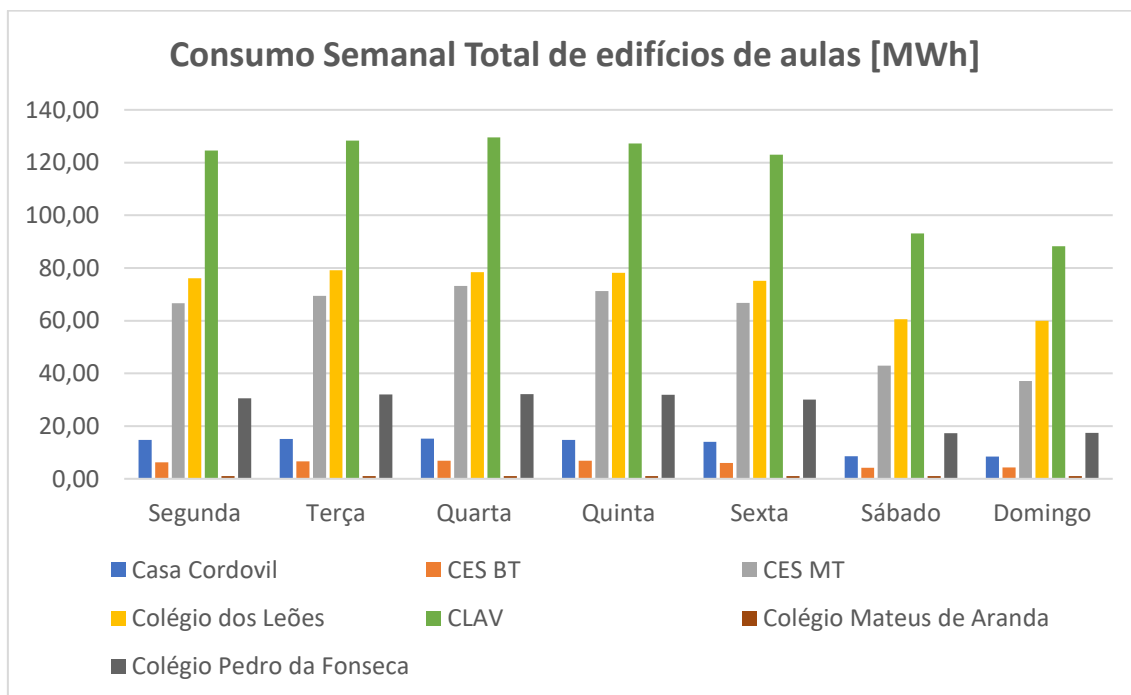


Figura 42- Consumo Semanal Total de edificios de aulas

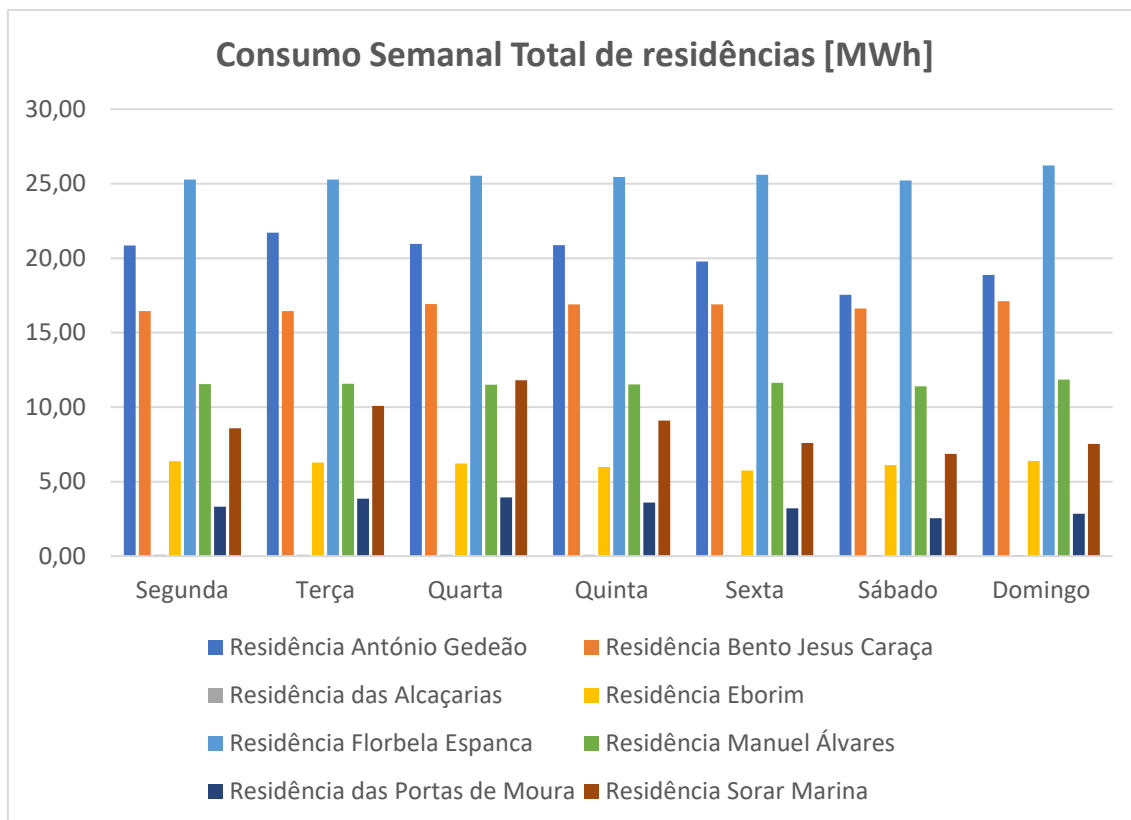


Figura 43- Consumo Semanal Total de residências

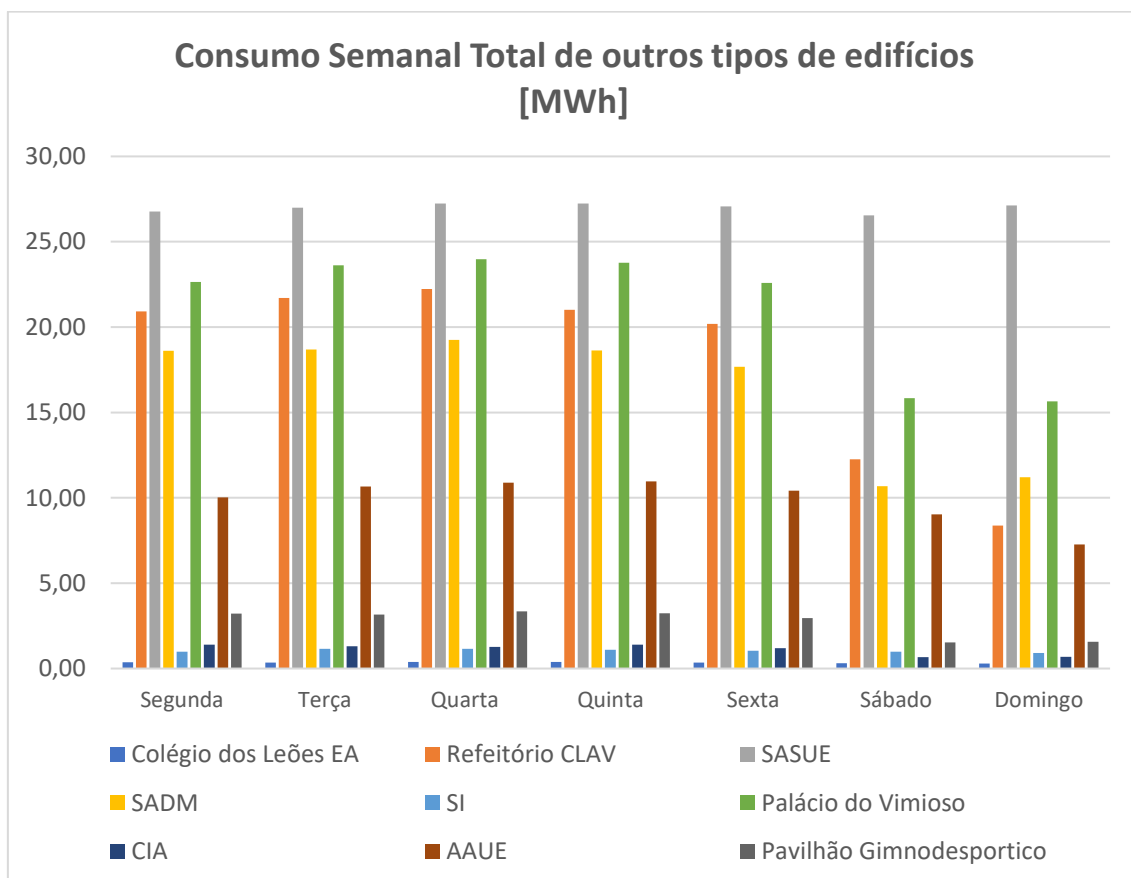


Figura 44 - Consumo Semanal Total de outros tipos de edifícios

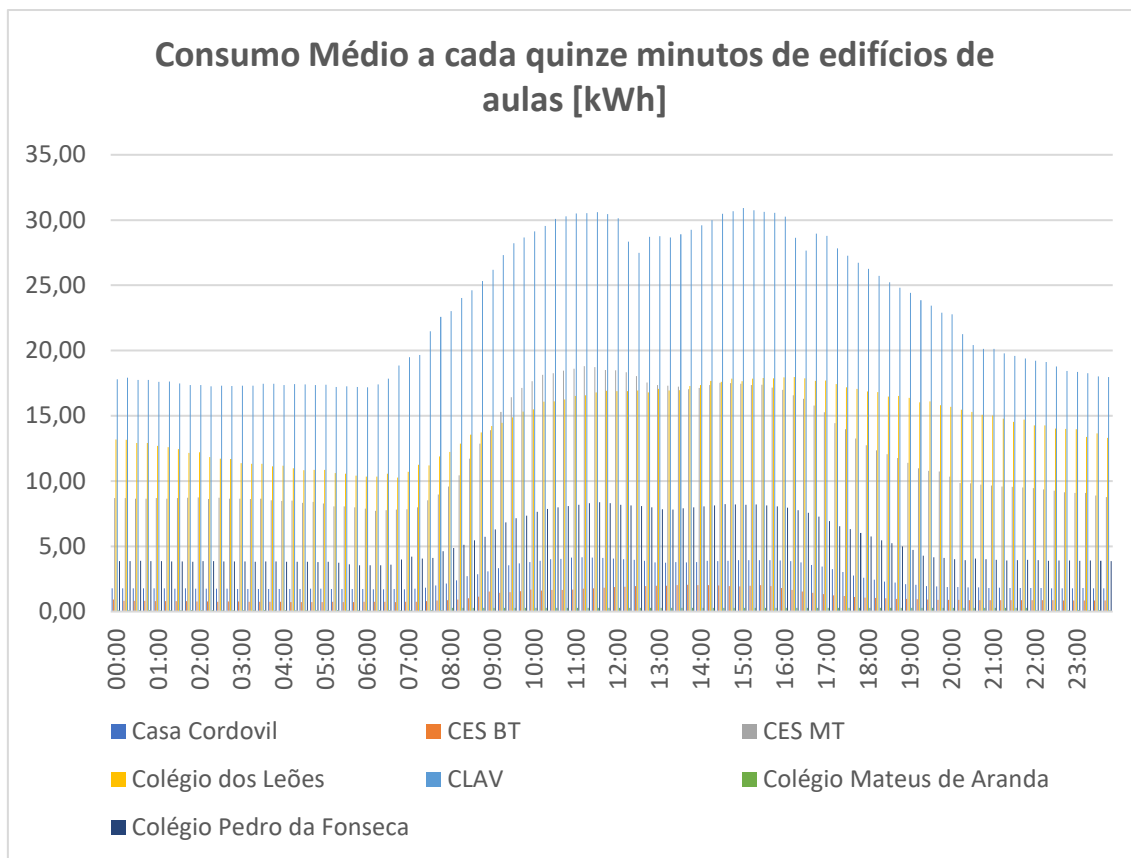


Figura 45 - Consumo Médio a cada quinze minutos de edifícios de aulas

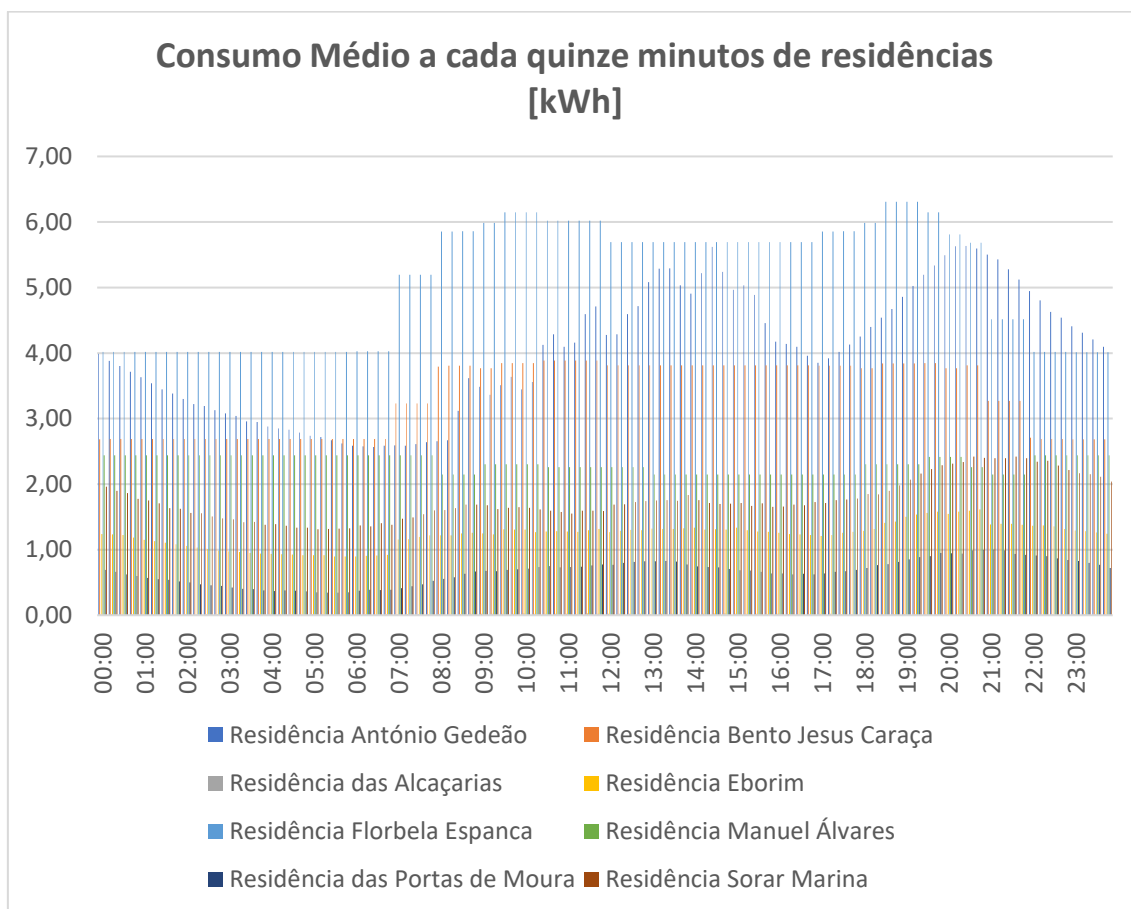


Figura 46 - Consumo Médio a cada quinze minutos de residências

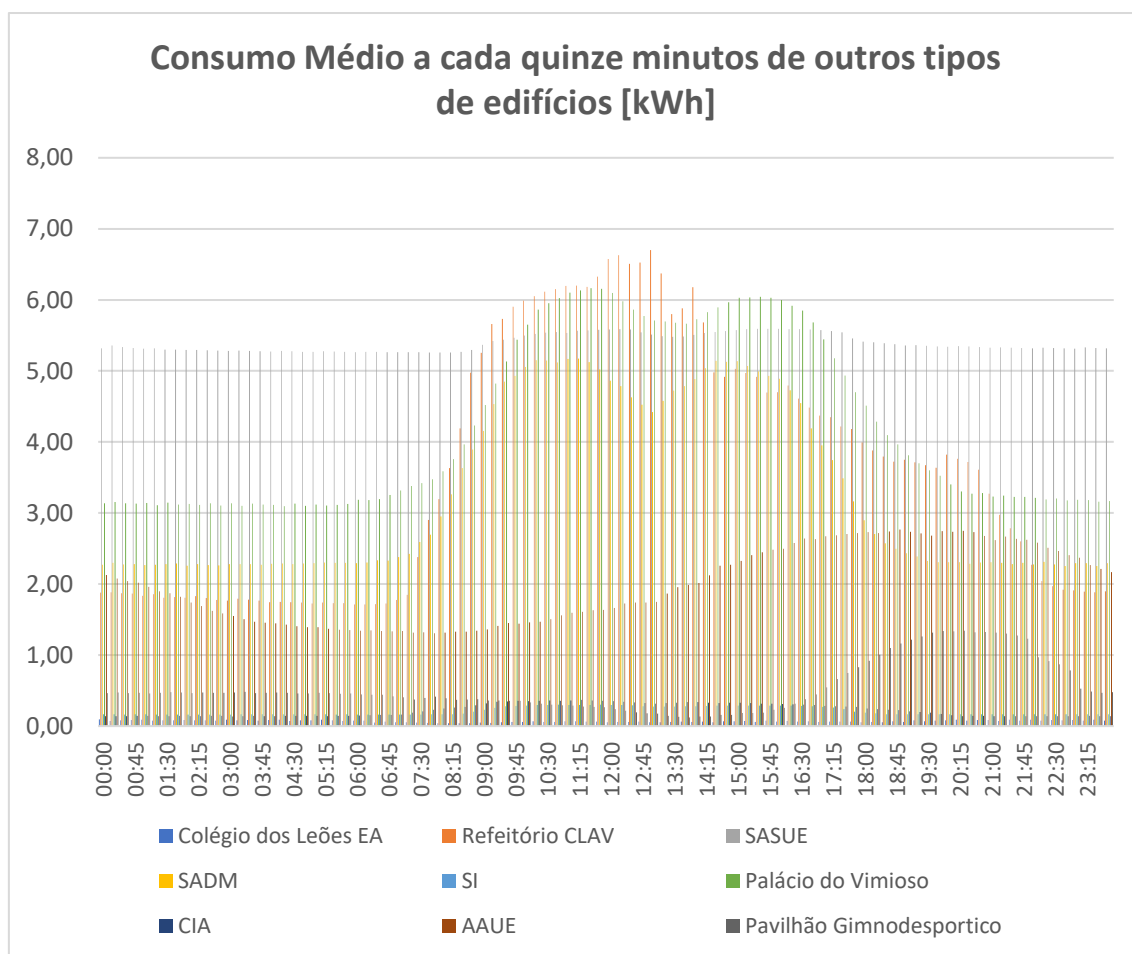


Figura 47 - Consumo Médio a cada quinze minutos de outros tipos de edifícios

Anexo 9 – Plantas 2D das UPAC da CER da Universidade de Évora

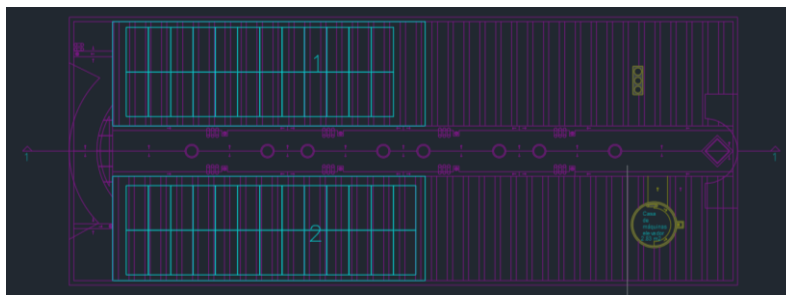


Figura 48 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência Manuel Álvares



Figura 49 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência António Gedeão

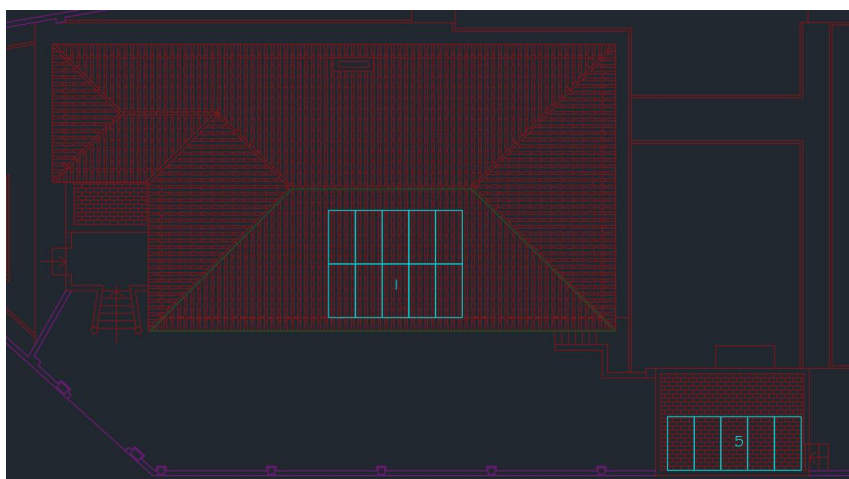


Figura 50 - Planta 2D da cobertura da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça

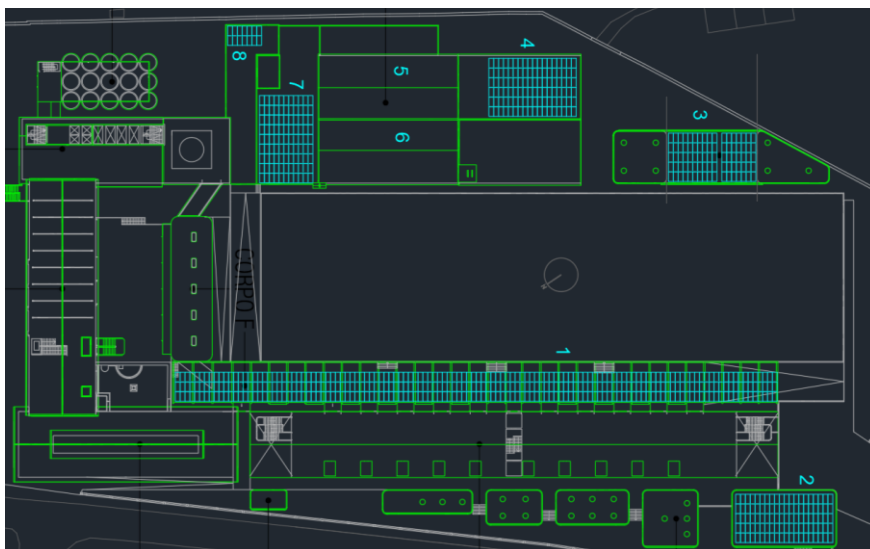


Figura 51 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Colégio dos Leões

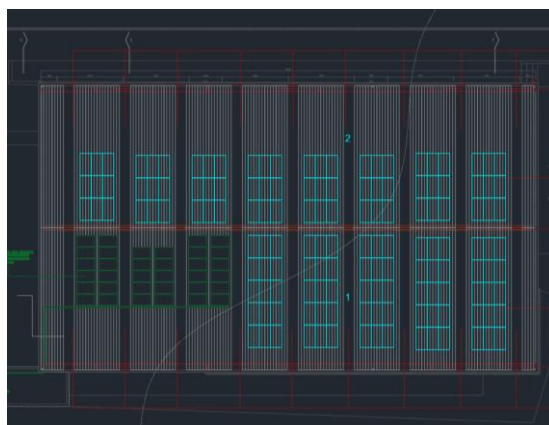


Figura 52 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo



Figura 53 - Planta 2D da cobertura da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca

Anexo 10 - Análise das características das coberturas das UPAC da CER da Universidade de Évora

Tabela 13 - Características das coberturas da UPAC da Residência Manuel Álvares

Edifício	Residência Manuel Álvares	
# (v. desenhos)	1	2
Tipo de cobertura	Plana	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular
orientações	38 O	38 O
inclinação	0	0
área aproximada	65,57	65,57
# módulos	32,00	32,00
Pot. Pico (kWp)	12,96	12,96
notas	Área poderá ser um pouco maior, se necessário	Área poderá ser um pouco maior, se necessário

Tabela 14 - Características das coberturas da UPAC da Residência António Gedeão

Edifício	Residência António Gedeão		
# (v. desenhos)	1	2	3
Tipo de cobertura	Plana	Plana	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular	Rectangular
orientações	15 O	15 O	15 O
inclinação	0	0	0
área aproximada	100,00	30,00	60,00
# módulos	50,00	15,00	30,00
Pot. Pico (kWp)	20,25	6,08	12,15
notas	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível
Edifício	Residência António Gedeão		
# (v. desenhos)	4	5	6
Tipo de cobertura	Plana	Plana	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular	Rectangular
orientações	15 O	15 O	15 O
inclinação	0	0	0
área aproximada	120,00	54,00	48,00
# módulos	60,00	27,00	24,00
Pot. Pico (kWp)	24,30	10,94	9,72
notas	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível
Edifício	Residência António Gedeão		
# (v. desenhos)	7	8	9
Tipo de cobertura	Plana	Plana	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular	Rectangular
orientações	4 O	4 O	4 O
inclinação	0	0	0
área aproximada	112,00	72,00	32,00
# módulos	56,00	36,00	16,00
Pot. Pico (kWp)	22,68	14,58	6,48
notas	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível	Área deveria ser menor se possível

Tabela 15 - Características das coberturas da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça

Edifício	Residência Bento Jesus Caraça	
# (v. desenhos)	1	5
Tipo de cobertura	Inclinada	Plana
Forma em planta	Trapezoidal	Rectangular
orientações	20 E	20 E
inclinação	30º	0
área aproximada	20,00	10,00
# módulos	10,00	5,00
Pot. Pico (kWp)	4,05	2,03
notas		

Tabela 16 - Características das coberturas da UPAC do Colégio dos Leões

Edifício	Colégio dos Leões				
# (v. desenhos)	1	2	3	4	8
Tipo de cobertura	Inclinada	Plana	Plana	Inclinada	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
orientações	45 E	45 E/O	45 E/O	45 E	45 E/O
inclinação	5º	0	0	8º	0
área aproximada	744,00	200,00	170,00	216,00	28,00
# módulos	363,00	100,00	85,00	108,00	14,00
Pot. Pico (kWp)	147,02	40,50	34,43	43,74	5,67
notas					

Tabela 17 - Características das coberturas da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo

Edifício	Pavilhão Gimnodesportivo	
# (v. desenhos)	1	2
Tipo de cobertura	Inclinada	Inclinada
Forma em planta	Rectangular	Rectangular
orientações	88 O	92 E
inclinação	4.93º	4.93º
área aproximada	150,00	144,00
# módulos	75,00	72,00
Pot. Pico (kWp)	39,73	29,16
notas	mais 9.35 kWp da instalação já existente	Apesar da orientação, tem platibanda pelo que talvez os painéis possam ser instalados na direcção E-W

Tabela 18 - Características das coberturas da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca

Edifício	Colégio Pedro da Fonseca	
# (v. desenhos)	1	2
Tipo de cobertura	Plana	Plana
Forma em planta	Rectangular	Rectangular
orientações	11 O	11 O
inclinação	0	0
área aproximada	260,00	240,00
# módulos	130,00	120,00
Pot. Pico (kWp)	52,65	48,60
notas	Cobertura mais alta	

Anexo 11 - Análise das UPAC em ACI

Análise da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas da Residência Manuel Álvares obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

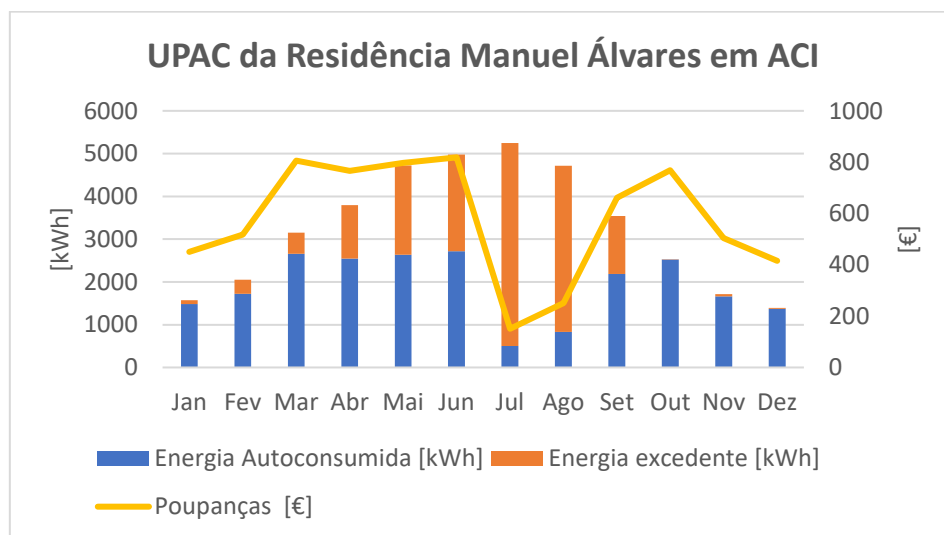


Figura 54- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência Manuel Álvares em ACI

A UPAC da Residência Manuel Álvares, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 22 825,72 kWh, um excedente energético anual de 16 594,40 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 64,36%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 6 906,02 € com o autoconsumo de energia na residência, e possui um alto potencial para a exploração do excedente de energia.

Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 19 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI

Valor Atualizado Líquido [€]	100 023,11 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	29 745,78 €
Período Recuperação Investimento [anos]	3,16
Taxa Interna Rentabilidade [%]	29,37
Taxa de Autoconsumo [%]	64,36
Taxa de Autossuficiência [%]	28,16
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,032

Os resultados financeiros demonstram uma excelente viabilidade económica. O VAL de 100 023,11 € evidencia que os benefícios projetados excedem substancialmente os custos, proporcionando um retorno atrativo. O PRI é curto, situando-se em aproximadamente 3 anos, o que evidencia uma recuperação rápida do capital investido. A TIR de 29,37% destaca a atratividade financeira do projeto. Por fim, o LCOE de 0,032 €/kWh demonstra que a energia produzida pela UPAC é altamente competitiva, estando significativamente

abaixo do preço médio de mercado da eletricidade. Esses indicadores confirmam a rentabilidade e a sustentabilidade do projeto.

Análise da UPAC da Residência António Gedeão em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas da Residência António Gedeão obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

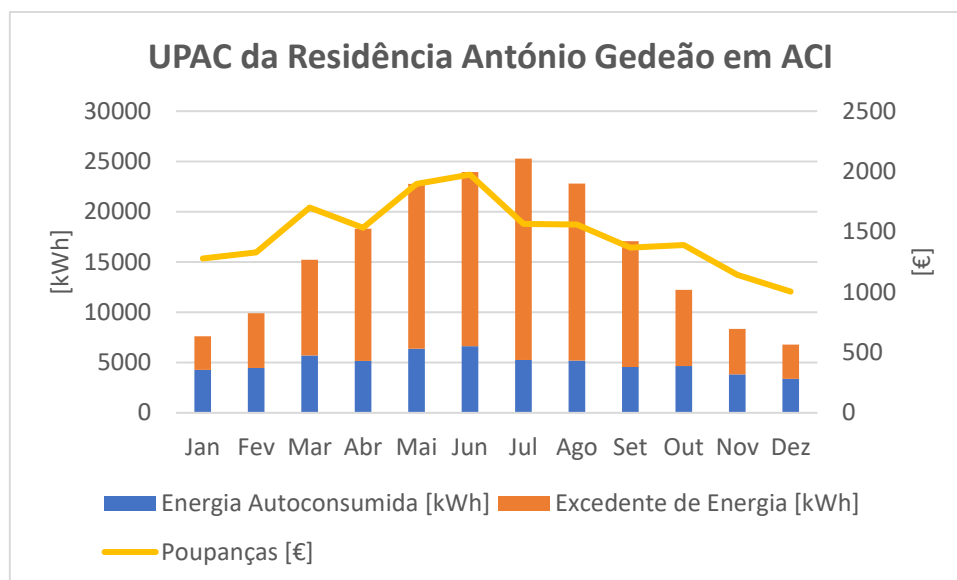


Figura 55- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência António Gedeão em ACI

A UPAC da Residência António Gedeão, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 59 477,21 kWh, um excedente energético anual de 130 776,15 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 31,26%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 17 749,86 € com a energia autoconsumida na residência e possui um muito alto potencial para a exploração do excedente de energia. Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 20 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência António Gedeão em ACI

Valor Atualizado Líquido [€]	255 314,26 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	145 940,23 €
Período Recuperação Investimento [anos]	5,26
Taxa Interna Rentabilidade [%]	16,64
Taxa de Autoconsumo [%]	31,26
Taxa de Autossuficiência [%]	42,30
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,033

Os resultados financeiros confirmam a viabilidade económica do projeto, destacando um VAL de 255 314,26 €, que demonstra um bom retorno ao longo do tempo. Os CTCV, de 145 940,23 €, são relativamente baixos quando comparados ao VAL, o que reforça a eficiência económica do projeto. O PRI, de 5,26 anos, é considerado moderadamente curto, tornando o projeto apelativo. A TIR, de 16,64%, supera as expectativas de muitos

investimentos convencionais, evidenciando um elevado potencial de retorno. Por último, o LCOE, de 0,033 €/kWh, destaca-se pela competitividade, oferecendo uma solução energética de baixo custo, atrativa para os consumidores.

Análise da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas da Residência Bento Jesus Caraça obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

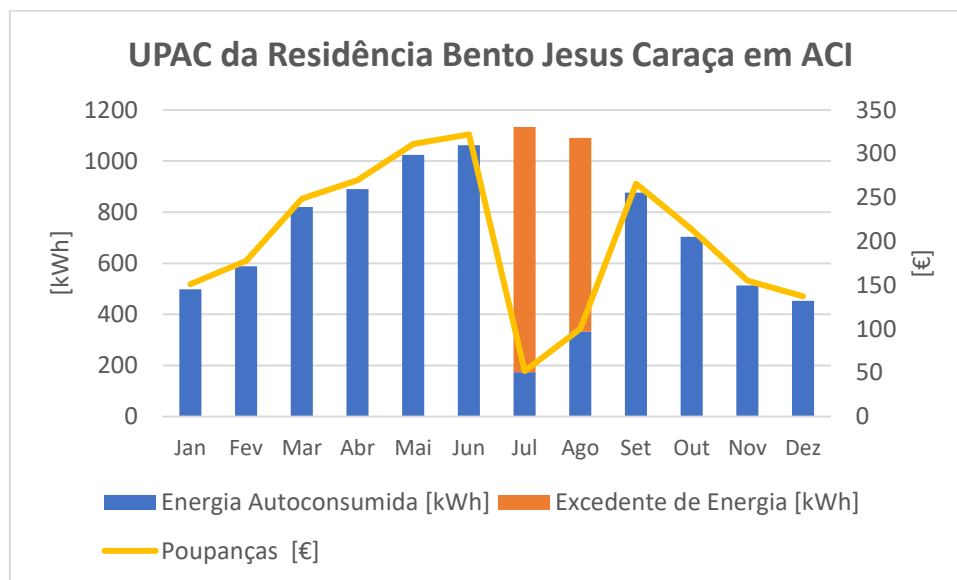


Figura 56- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças da Residência Bento Jesus Caraça em ACI

A UPAC da Residência Bento Jesus Caraça, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 7 934,50 kWh, um excedente energético anual de 1 719,57 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 82,19%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 2 404,84 € com a energia autoconsumida na residência e possui pouco potencial para a exploração do excedente de energia.

Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 21 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI

Valor Atualizado Líquido [€]	35 069,99 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	6977,41 €
Período Recuperação Investimento [anos]	2,24
Taxa Interna Rentabilidade [%]	42,22
Taxa de Autoconsumo [%]	82,19
Taxa de Autossuficiência [%]	6,76
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,031

Os valores apresentados demonstram que o projeto é altamente atrativo e eficiente sob o ponto de vista financeiro. O VAL, de 35 069,99 €, é consideravelmente positivo, evidenciando um retorno considerável em relação ao capital investido. Com um período de recuperação do investimento de apenas 2,24 anos, o retorno financeiro é alcançado de

forma rápida, aumentando ainda mais a atratividade do projeto. A TIR, de 42,22%, indica um retorno exponencial, significativamente superior ao de muitas alternativas de investimento tradicionais. Além disso, o LCOE, de 0,031 €/kWh, reafirma a competitividade da iniciativa, consolidando-se como uma solução económica e sustentável no setor energético.

Análise da UPAC do Colégio dos Leões em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas do Colégio dos Leões obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

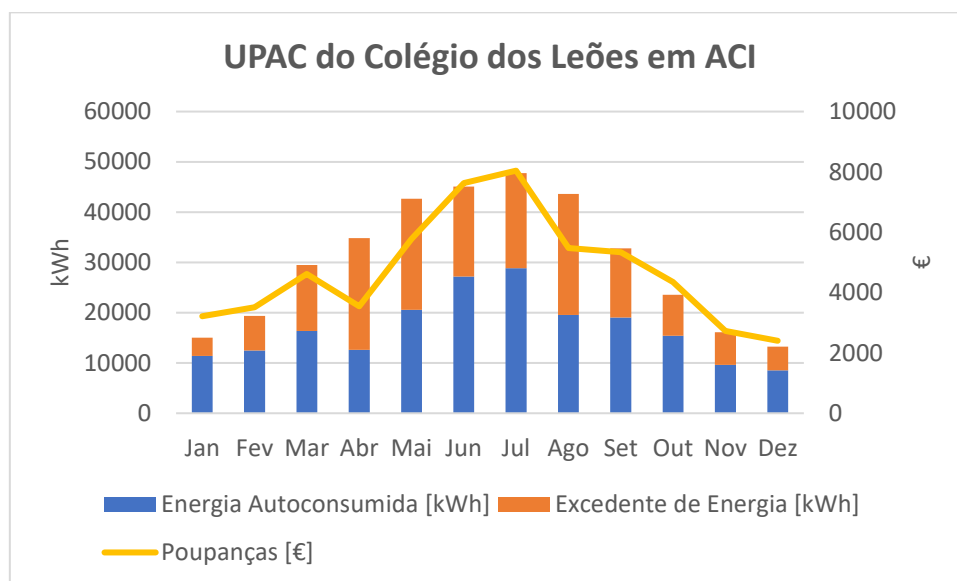


Figura 57- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Colégio dos Leões em ACI

A UPAC do Colégio dos Leões, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 201 665,93 kWh, um excedente energético anual de 161 869,15 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 55,47%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 56 633,88 € com a energia autoconsumida no colégio e possui um elevado potencial para a exploração do excedente de energia.

Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 22 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio dos Leões

Valor Atualizado Líquido [€]	778 348,83 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	311 401,13 €
Período Recuperação Investimento [anos]	4,05
Taxa Interna Rentabilidade [%]	22,47
Taxa de Autoconsumo [%]	55,47
Taxa de Autossuficiência [%]	39,74
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,036

Os valores apresentados refletem a atratividade económica do projeto. O VAL, de 778 348,83 €, evidencia um retorno financeiro elevado e substancialmente superior aos

custos envolvidos, reforçando a viabilidade do investimento. O período de recuperação do investimento, de 4,05 anos, demonstra um prazo relativamente curto para o retorno do capital aplicado. A TIR, de 22,47%, supera amplamente as taxas de retorno comuns em muitos setores, destacando o projeto como uma oportunidade altamente vantajosa. Por fim, o LCOE, de 0,036 €/kWh, posiciona o projeto como uma solução competitiva no mercado energético, oferecendo energia a baixo custo e atraente para os consumidores.

Análise da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas do Pavilhão Gimnodesportivo obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

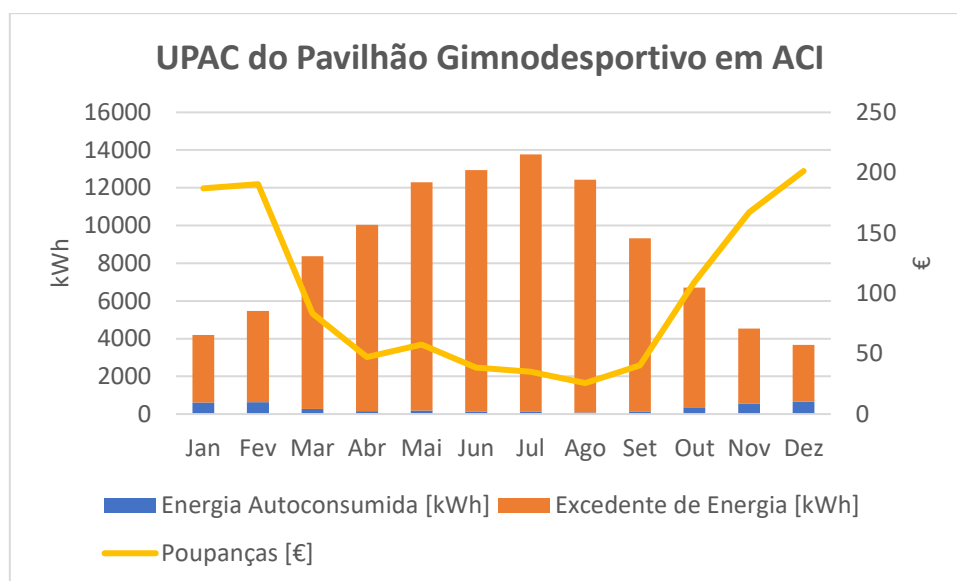


Figura 58- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Pavilhão Gimnodesportivo em ACI

A UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 3 928,71 kWh, um excedente energético anual de 99 793,08 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 3,79%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 1 183,26 € com a energia autoconsumida no pavilhão e possui um muito elevado potencial para a exploração do excedente de energia.

Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 23 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo

Valor Atualizado Líquido [€]	17 377,35 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	79 058,13 €
Período Recuperação Investimento [anos]	15,81
Taxa Interna Rentabilidade [%]	2,71
Taxa de Autoconsumo [%]	3,79%
Taxa de Autossuficiência [%]	20,67
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,032

Os resultados indicam um retorno financeiro baixo para o projeto. O VAL de 17 377,35 € é positivo, porém relativamente baixo em comparação com os CTCV, que totalizam 79 058,13 €. O período de recuperação do investimento, de 15,81 anos, indica que o retorno ocorre ao longo de um prazo extenso, o que pode ser um fator relevante na avaliação do risco do projeto. A TIR, de 2,71%, é relativamente baixa, o que implica um risco maior em relação ao retorno financeiro obtido. Por outro lado, o LCOE, de 0,032 €/kWh, revela uma competitividade no preço da energia produzida, evidenciando que, apesar da rentabilidade limitada do projeto, a solução proposta oferece uma alternativa energética acessível.

Análise da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACI

Inicialmente, considerando os consumos energéticos, produções de energia e tarifas energéticas do Colégio Pedro da Fonseca obteve-se os seguintes resultados em relação à energia autoconsumida no edifício, ao excedente de energia e às poupanças:

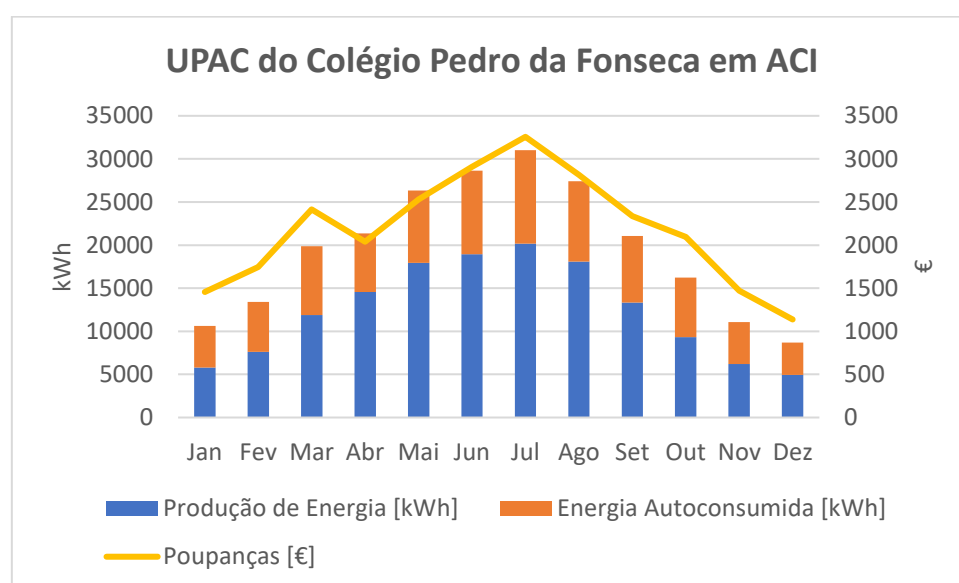


Figura 59- Energia autoconsumida, energia excedente e poupanças do Colégio Pedro da Fonseca em ACI

A UPAC do Colégio Pedro da Fonseca, a funcionar em regime de ACI, apresenta uma energia autoconsumida anual de 86 891,33 kWh, um excedente energético anual de 61 938,75 kWh, o que resulta em uma taxa de autoconsumo de 58,38%. Este cenário cria poupanças económicas anuais de 26 209,28€ com a energia autoconsumida no colégio, e possui um elevado potencial para a exploração do excedente de energia.

Por último, quanto à análise financeira desta UPAC a operar em regime de ACI e considerando que o excedente de energia injetado na rede vai ser vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 122) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 24 - Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca

Valor Atualizado Líquido [€]	375 999,99 €
Custos Totais Ciclo Vida [€]	116 194,45 €
Período Recuperação Investimento [anos]	3,27
Taxa Interna Rentabilidade [%]	28,34
Taxa de Autoconsumo [%]	58,78%
Taxa de Autossuficiência [%]	45,42
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,033

Os valores apresentados evidenciam a excelente viabilidade económica do projeto. O VAL, de 375 999,99 €, destaca-se por demonstrar um retorno financeiro elevado e significativamente superior aos CTCV, que são de 116 194,45 €, garantindo uma relação custo-benefício muito favorável. O período de recuperação do investimento, de apenas 3,27 anos, é curto, o que assegura um retorno rápido e competitivo. A TIR, de 28,34%, reflete um retorno elevado e acima das expectativas de muitos setores, reforçando o atrativo financeiro do projeto. Adicionalmente, o LCOE, de 0,033 €/kWh, confirma a eficiência e competitividade da solução energética, posicionando o projeto como uma alternativa económica e sustentável no setor energético.

Anexo 12 – Cash Flow Atualizado e Cash Flow Atualizado Acumulado das UPAC da Universidade de Évora em ACI

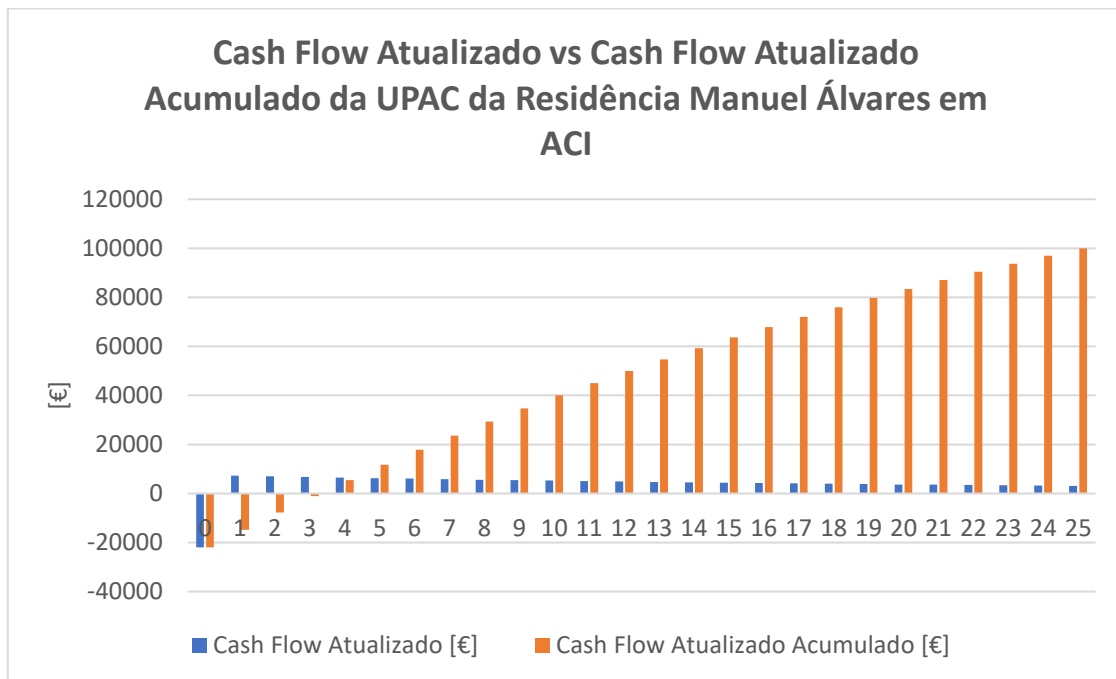


Figura 60 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACI

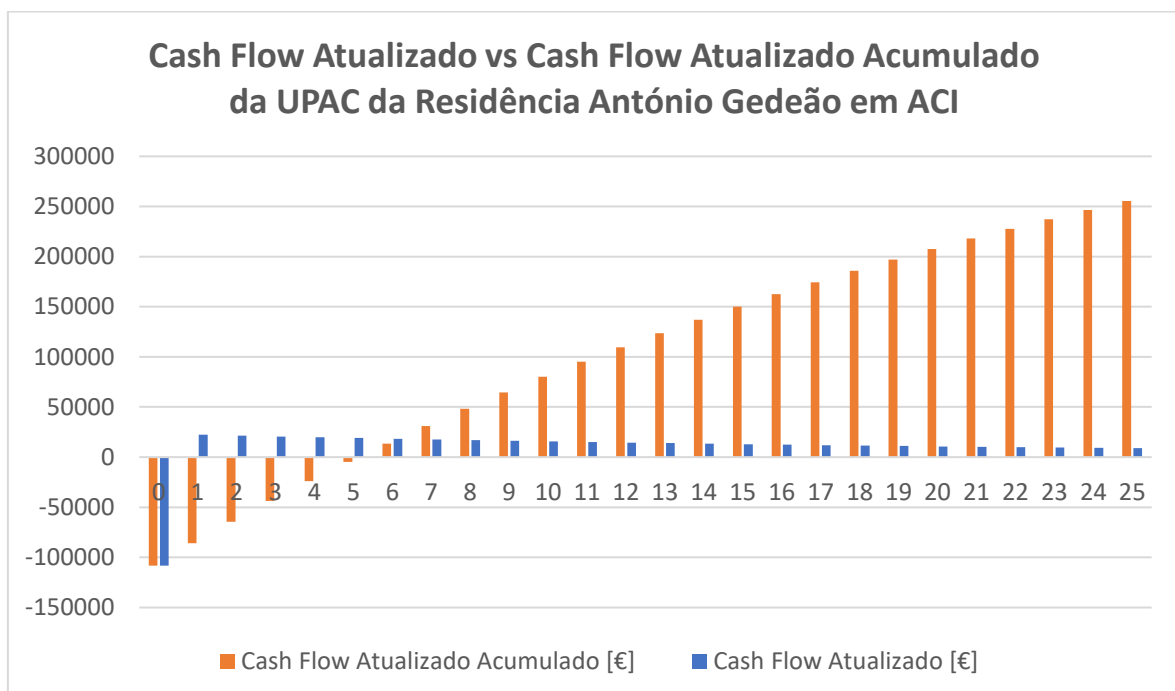


Figura 61 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACI

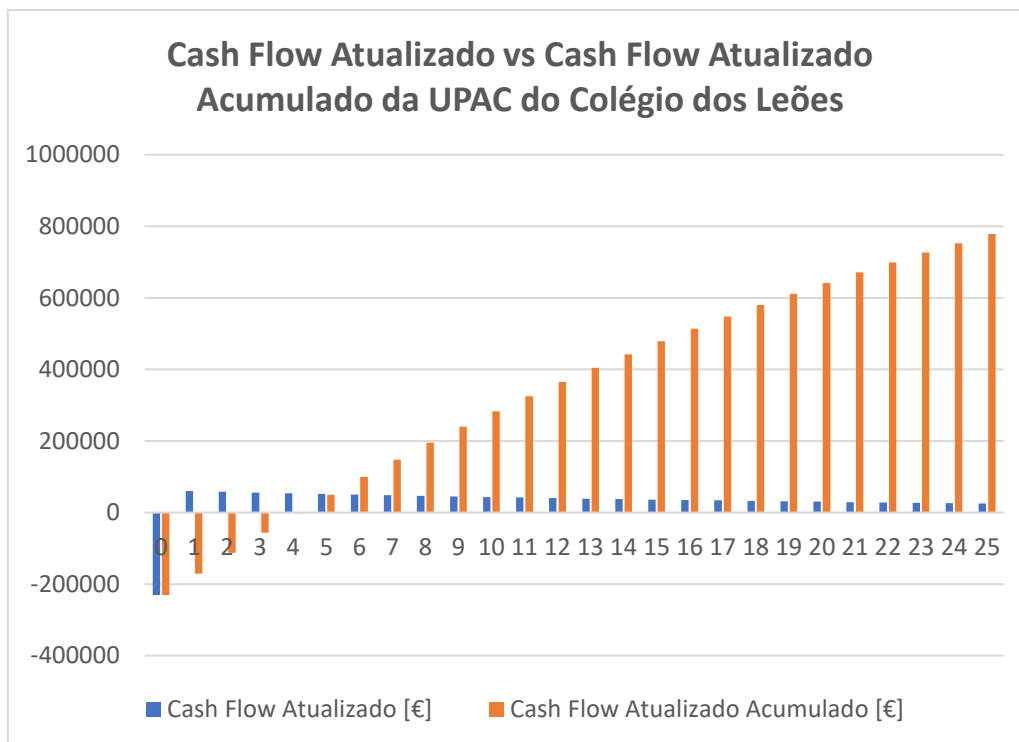


Figura 62 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões

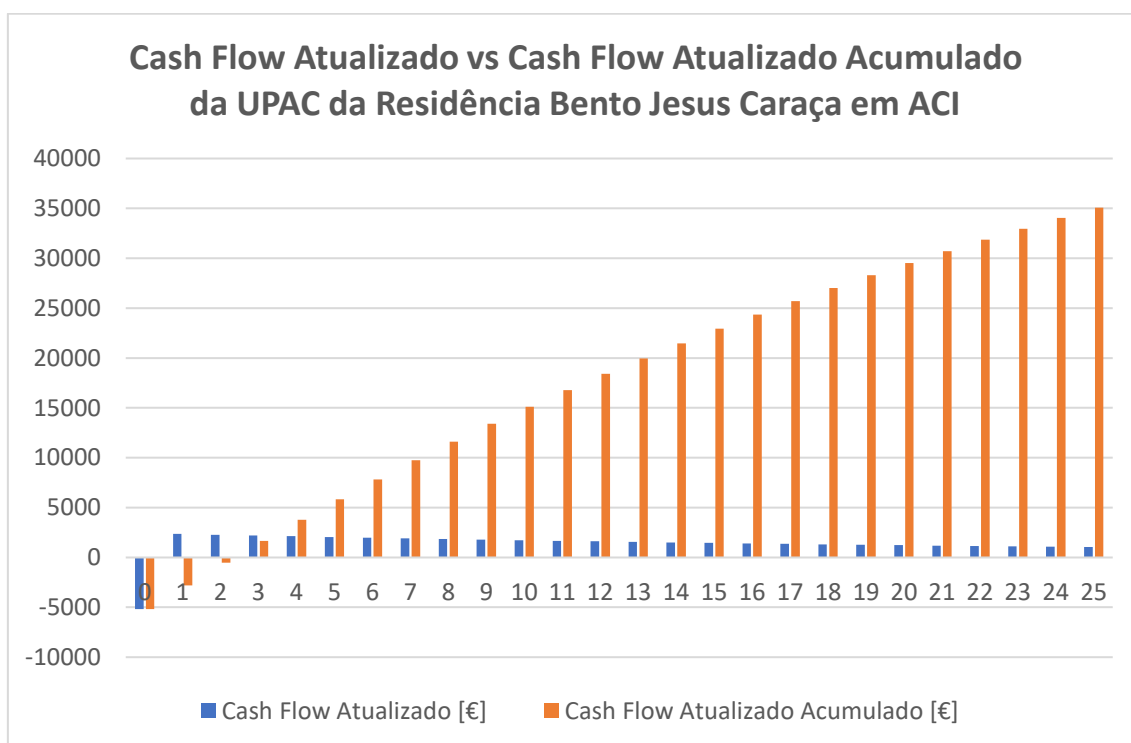


Figura 63 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACI

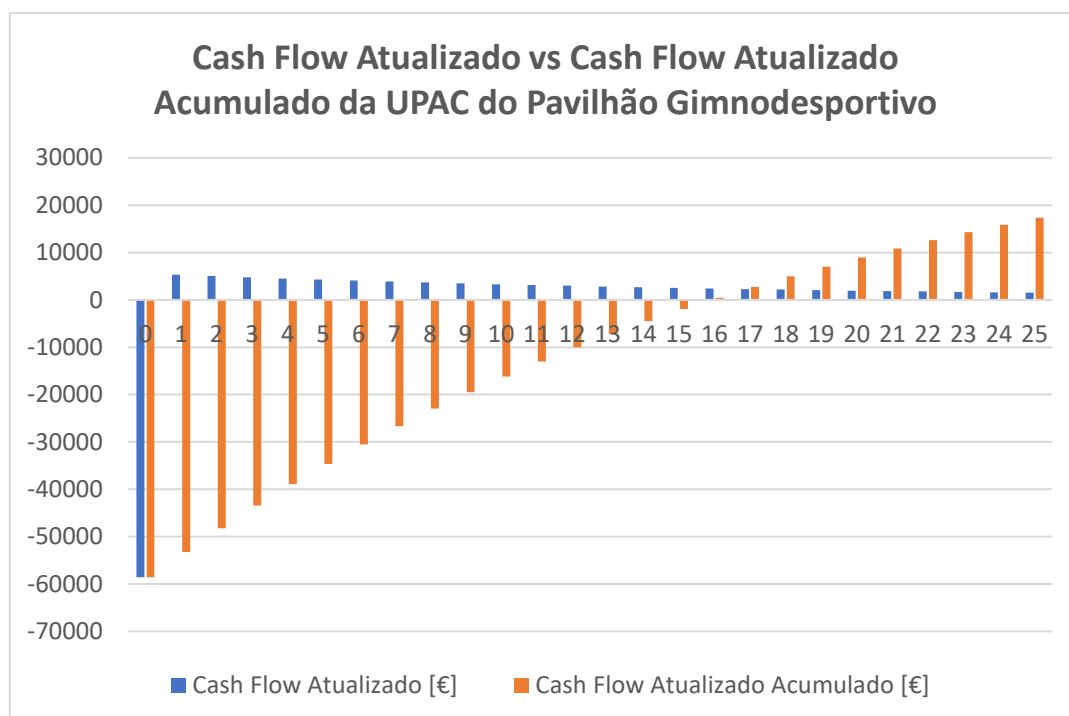


Figura 64 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo

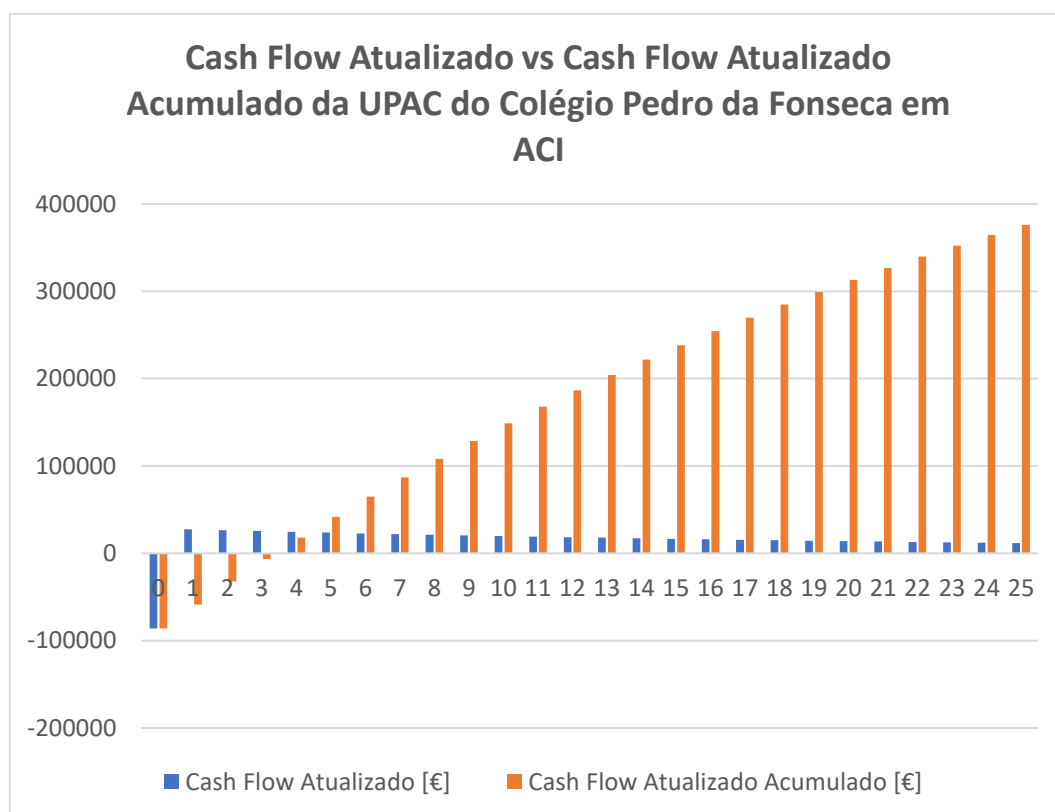


Figura 65 - Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACI

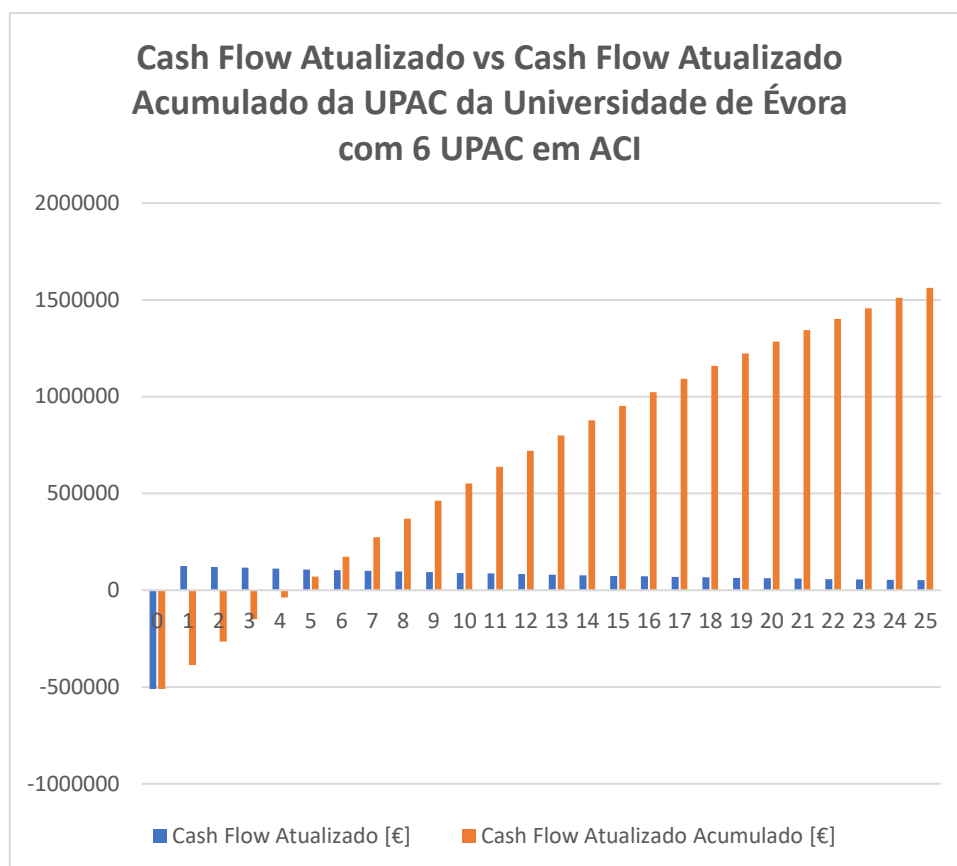


Figura 66- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACI

Anexo 13 - Análise das UPAC em ACC

Análise da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC da Residência Manuel Álvares, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia. É importante destacar que, como esta UPAC apenas partilha energia com uma única IU, os resultados obtidos serão idênticos independentemente do método utilizado, uma vez que toda a energia disponível para partilha será integralmente alocada a essa IU.

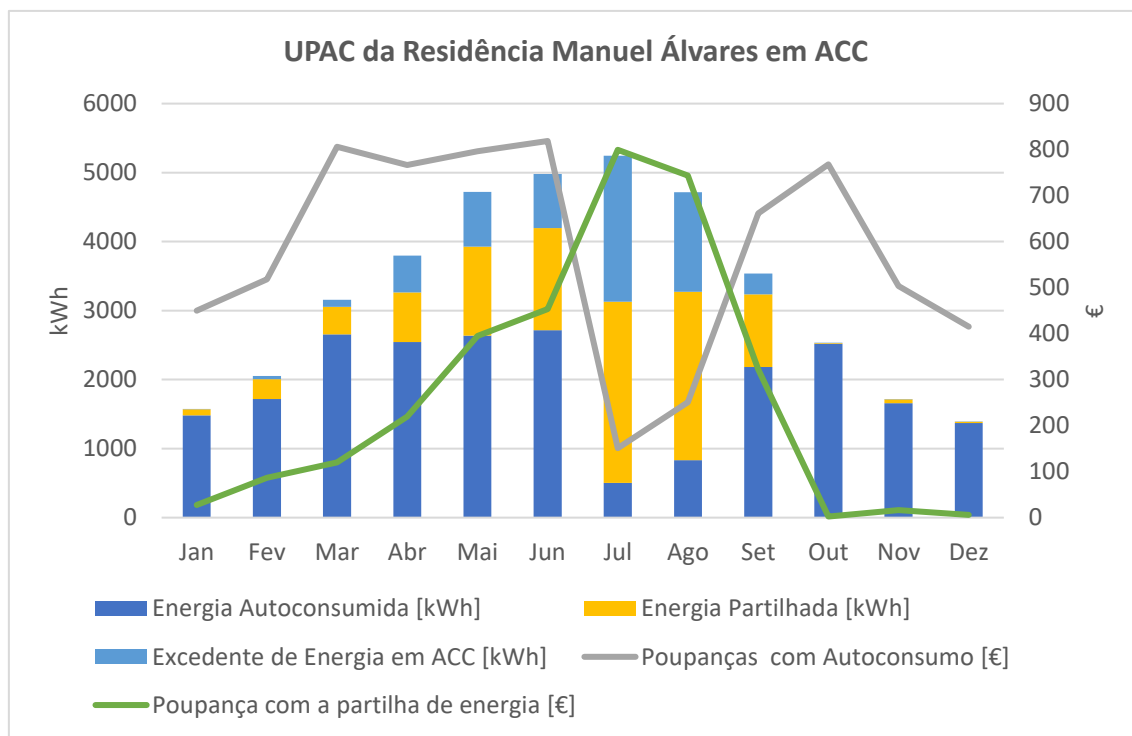


Figura 67- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC

A UPAC da Residência Manuel Álvares, a operar em regime de ACC, apresenta uma energia autoconsumida anual de 22,83 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 6,13 MWh e uma energia partilhada anual de 10,46 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 84,45% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 6 906,02 € com a energia autoconsumida e 3 190,89 € com a energia partilhada.

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 25- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

Valor Atualizado Líquido [€]	146 116,18 € (+31,54%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	29 745,78 € (0%)
Período Recuperação Investimento [anos]	2,29 (-37,99%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	41,25 (+11,88%)
Taxa de Autoconsumo Global [%]	84,45 (+20,09%)
Taxa de Autossuficiência [%]	28,16 (0%)
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,032 (0%)

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, os valores apresentados indicam um projeto altamente rentável e eficiente. O VAL de 146 116,18 € evidencia um retorno financeiro elevado em relação aos CTCV, que são de apenas 29 745,78 €, demonstrando uma excelente relação custo-benefício. O curto período de recuperação do investimento, de 2,29 anos, ressalta a rapidez do retorno financeiro, tornando o projeto muito atrativo. A TIR de 41,25% é extremamente elevada, destacando um desempenho financeiro excecional. Além disso, o LCOE de 0,032 €/kWh reafirma a competitividade do projeto, oferecendo uma solução energética de baixo custo e sustentável.

A UPAC da Residência Manuel Álvares apresenta melhor desempenho no regime de ACC face ao ACI. Embora ambos registem a mesma energia autoconsumida (22,83 MWh) e custos de ciclo de vida (29 745,78 €), o ACC permite partilhar 10,46 MWh com uma IU, aumentando a taxa de autoconsumo global para 84,45%, face aos 64,36% do ACI.

Em termos financeiros, o ACC gera um VAL 31,5% superior (146 116,18 € vs 100 023,11 €), uma TIR mais elevada (41,25% vs 29,37%) e um retorno do investimento mais rápido (2,29 anos vs 3,16 anos). Ambos mantêm o custo nivelado de eletricidade (0,032 €/kWh) e taxa de autossuficiência (28,16%).

Assim, o regime ACC mostra-se mais eficiente e economicamente vantajoso, otimizando a produção da UPAC e maximizando os benefícios do sistema.

Análise da UPAC da Residência António Gedeão em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC da Residência António Gedeão, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia.

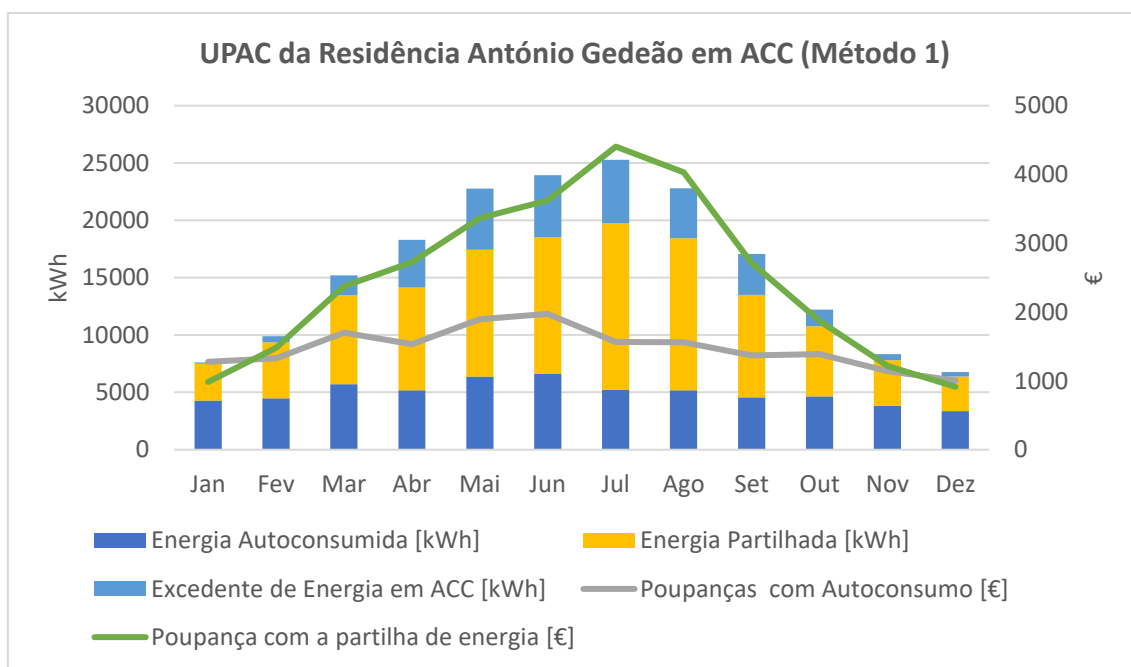


Figura 68- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 1)

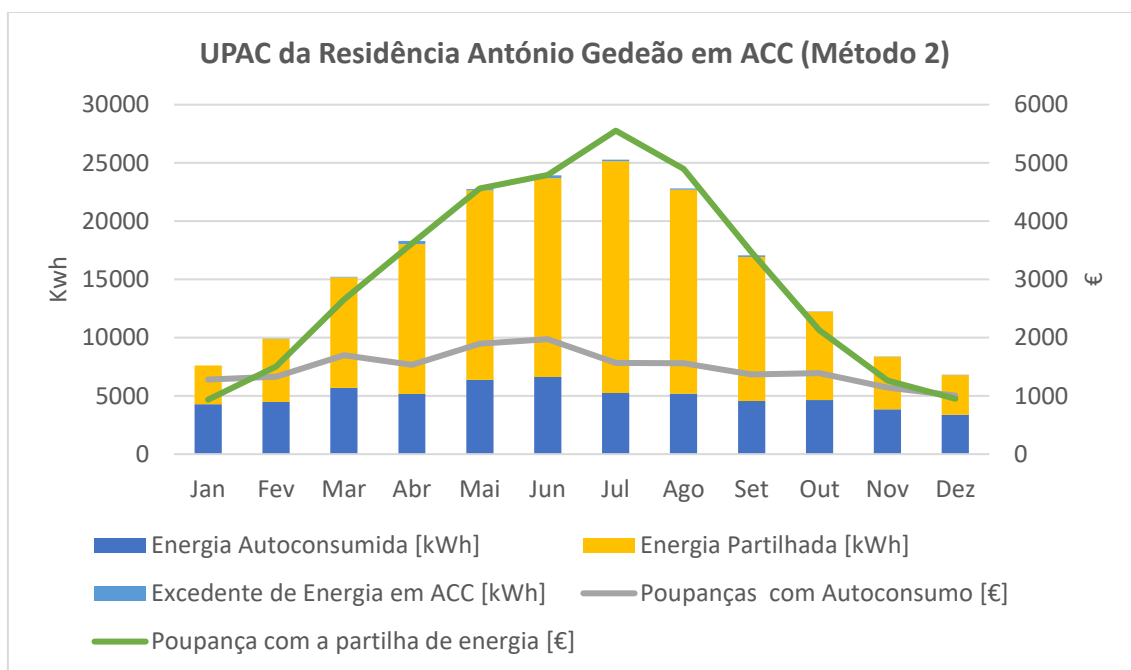


Figura 69- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 2)

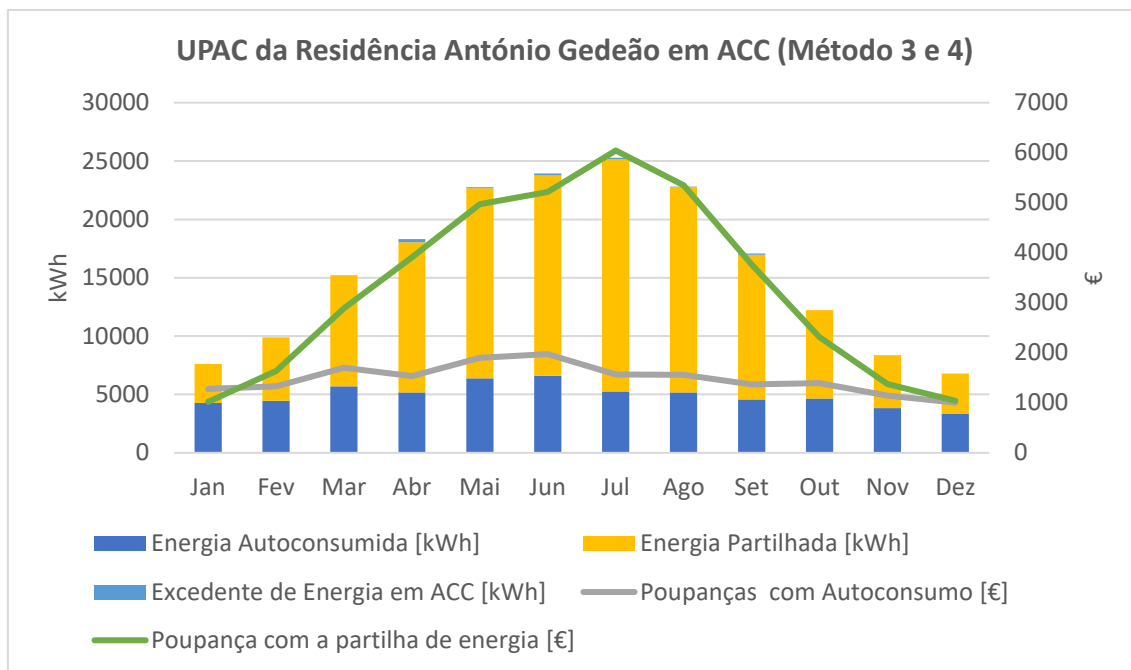


Figura 70- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 3 e 4)

A UPAC da Residência António Gedeão, a operar em regime de ACC, apresenta para:

- O método 1, uma energia autoconsumida anual de 59,48 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 33,16 MWh e uma energia partilhada anual de 97,61 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 82,57% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 17 749,86 € com a energia autoconsumida e 29 716,28 € com a energia partilhada;
- O método 2, uma energia autoconsumida anual de 59,48 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 1,08 MWh e uma energia partilhada anual de 129,69 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 99,43% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 17 749,86 € com a energia autoconsumida e 36 327,87 € com a energia partilhada;
- O método 3 e 4, uma energia autoconsumida anual de 59,48 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 0,77 MWh e uma energia partilhada anual de 130,01 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 99,60% proveniente do autoconsumo e da partilha. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 17 749,86 € com a energia autoconsumida e 39 539,43 € com a energia partilhada;

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 26- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência António Gedeão em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

	Método 1	Método 2	Método 3 e 4
Valor Atualizado Líquido [€]	684 459,70 € (+62,72%)	824 886,94 € (+69,06%)	826 234,00 € (+69,09%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	145 940,23 € (0%)		
Período Recuperação Investimento [anos]	2,39 (-120,08%)	2,03 (-159,11%)	2,02 (-160,40%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	39,51 (+22,87%)	46,91 (+30,27%)	46,98 (+30,34%)
Taxa de Autoconsumo Global [%]	82,57 (+51,31%)	99,43 (+68,17%)	99,60 (+68,34%)
Taxa de Autossuficiência [%]	42,30 (0%)		
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,0325 (0%)		

Os dados técnicos revelam que o Método 1, apesar de já garantir uma taxa de autoconsumo global elevada (82,57%), revela-se menos eficiente, com um excedente energético não aproveitado de 33,16 MWh, o que limita o aproveitamento total da energia produzida e, consequentemente, as poupanças produzidas. Por outro lado, o Método 2 apresenta uma melhoria significativa, reduzindo o excedente para apenas 1,08 MWh e aumentando a taxa de autoconsumo global para 99,43%, refletindo-se num aumento expressivo das poupanças com a partilha de energia. Já os Métodos 3 e 4 demonstram o melhor desempenho geral, com um aproveitamento quase total da energia disponível (excedente de apenas 0,77 MWh), atingindo a maior taxa de autoconsumo global (99,60%) e as maiores poupanças económicas. Em síntese, verifica-se uma clara progressão de eficiência dos métodos, sendo os Métodos 3 e 4 os mais vantajosos.

Os dados financeiros apresentados para os quatro métodos indicam uma análise detalhada de diversas opções, todas com características financeiras altamente atrativas. O VAL, que varia entre 684 459,70 € e 826 234,00 €, é positivo e substancial, evidenciando a viabilidade económica de todos os métodos.

O PRI é muito curto, variando entre 2,02 e 2,39 anos, o que indica que o retorno financeiro será alcançado rapidamente, reforçando a atratividade de todos os métodos. A TIR está notavelmente alta, variando entre 39,51% e 46,98%, o que demonstra um excelente retorno sobre o investimento inicial. Especialmente, a TIR de 46,98% é a mais elevada, registada nos Métodos 3 e 4, que oferecem o melhor desempenho financeiro.

O LCOE é constante em 0,0325 €/kWh para todos os métodos, o que significa que, em termos de custos de produção de energia, todos os métodos oferecem a mesma competitividade, com um preço atrativo para o mercado.

Em resumo, todos os métodos são financeiramente viáveis e apresentam uma excelente relação custo-benefício, com o Método 3 e o Método 4 destacando-se ligeiramente devido à maior TIR. No entanto, todos são extremamente competitivos em termos de custo de eletricidade e tempo de retorno.

A comparação entre os regimes de ACI e ACC da UPAC da Residência António Gedeão revela uma clara vantagem do ACC, tanto em termos energéticos como financeiros. No regime ACI, a taxa de autoconsumo é de apenas 31,26%, com um elevado excedente energético de 130,78 MWh, enquanto no ACC, essa taxa aumenta significativamente, podendo atingir até 99,60% nos Métodos 3 e 4, com quase todo o excedente a ser aproveitado através da partilha. Em termos económicos, o VAL do ACI é de 255 314,26 €, contrastando com valores que ultrapassam os 826 000 € no ACC, representando um aumento superior a 69%. Além disso, o PRI é muito mais curto no ACC (cerca de 2 anos)

comparado com os 5,26 anos no ACI, e a TIR mais do que duplica, passando de 16,64% para valores superiores a 46%. Assim, o regime ACC, especialmente nos Métodos 3 e 4, mostra-se muito mais eficiente na utilização da energia produzida e proporciona um retorno económico substancialmente superior.

Análise da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia. É importante destacar que, como esta UPAC apenas partilha energia com uma única IU, os resultados obtidos serão idênticos independentemente do método utilizado, uma vez que toda a energia disponível para partilha será integralmente alocada a essa IU.

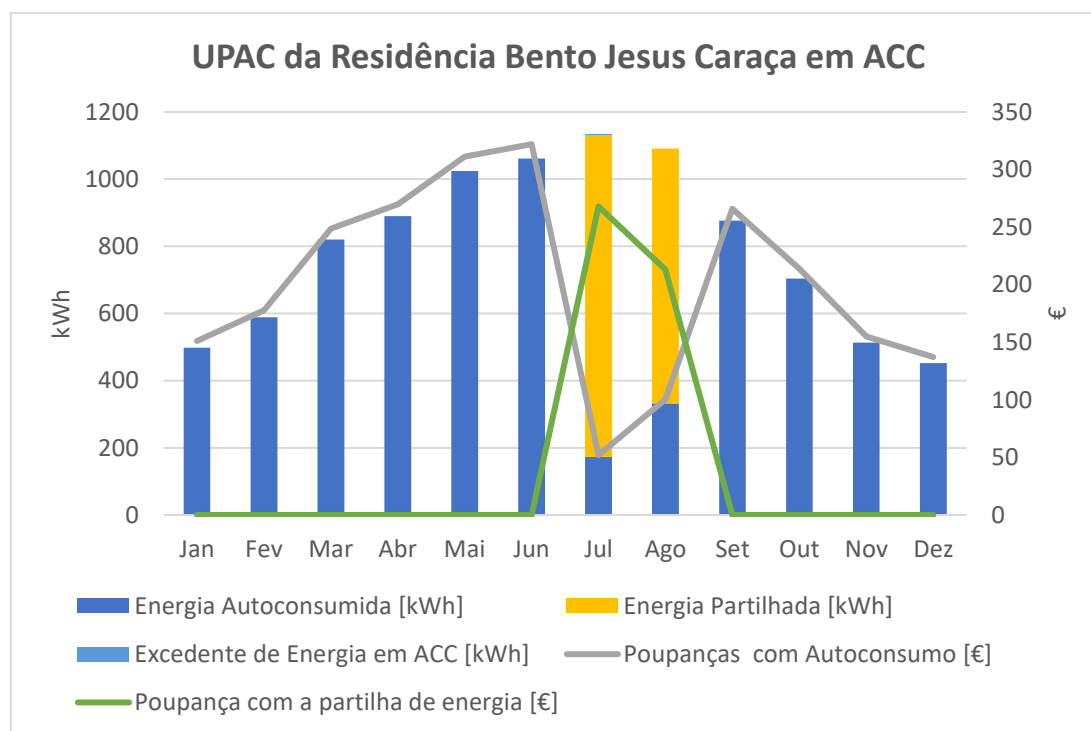


Figura 71- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC

A UPAC da Residência Bento Jesus Caraça, a operar em regime de ACC, apresenta uma energia autoconsumida anual de 7,9 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 0,00 MWh e uma energia partilhada anual de 1,7 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 100% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 2 404,84 € com a energia autoconsumida e 480,95 € com a energia partilhada.

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 27- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

Valor Atualizado Líquido [€]	41 921,70 € (+19,54%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	6 977,41 € (0%)
Período Recuperação Investimento [anos]	1,92 (-14,29%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	49,70 (+7,48%)
Taxa de Autoconsumo Global [%]	100 (+17,81%)
Taxa de Autossuficiência [%]	6,76 (0%)
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,0306 (0%)

Os valores apresentados indicam um projeto extremamente rentável e com rápido retorno sobre o investimento inicial. O VAL de 41 921,70 € demonstra um excelente lucro em relação aos CTCV, que são de apenas 6 977,41 €, evidenciando uma relação custo-benefício altamente favorável.

O PRI, de apenas 1,92 anos, é extremamente curto, tornando o projeto altamente atrativo. A TIR de 49,70% é excecionalmente alta, indicando um desempenho financeiro muito acima da média e reforçando a viabilidade do projeto.

Além disso, o LCOE de 0,0306 €/kWh reafirma a competitividade do projeto, tornando-o uma opção econômica e sustentável no setor energético, garantindo custos reduzidos de geração e maior eficiência financeira.

A comparação entre os regimes de ACI e ACC da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça mostra uma vantagem clara para o modelo coletivo, embora em menor escala que em outros casos. No regime ACI, a taxa de autoconsumo é de 82,19%, com um excedente de 1,72 MWh/ano, enquanto no ACC esse excedente é totalmente eliminado graças à partilha de 1,7 MWh, permitindo atingir uma taxa de autoconsumo global de 100%. Em termos económicos, o ACC gera um VAL de 41 921,70 €, cerca de 19,5% superior ao ACI (35 069,99 €). Além disso, o PRI é reduzido de 2,24 anos (ACI) para 1,92 anos (ACC), e a TIR aumenta de 42,22% para 49,70%. Apesar de ambos os regimes apresentarem bom desempenho, o ACC destaca-se por eliminar totalmente o desperdício energético e maximizar o retorno económico com um ligeiro ganho de eficiência financeira e energética.

Análise da UPAC do Colégio dos Leões em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC do Colégio dos Leões, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia.

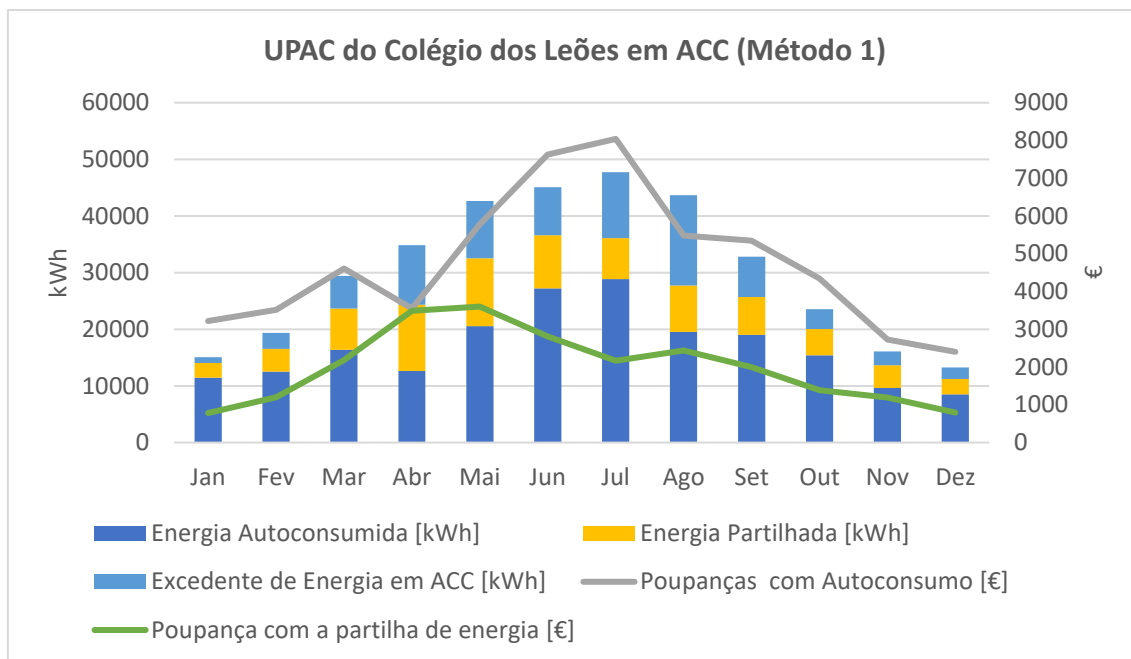


Figura 72- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 1)

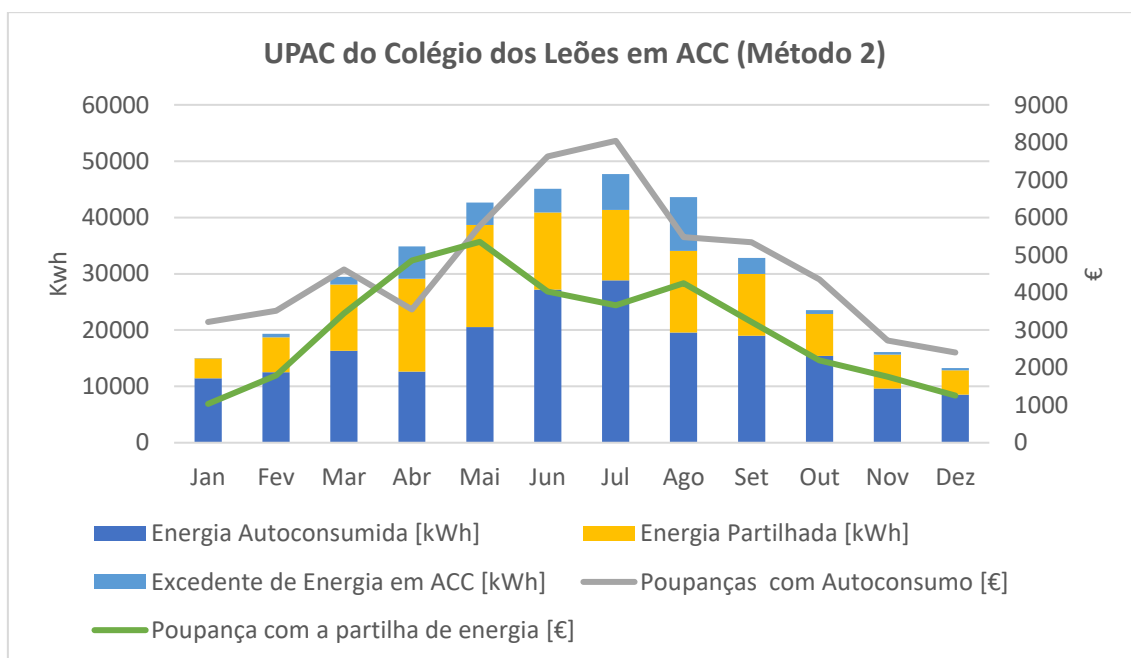


Figura 73- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 2)

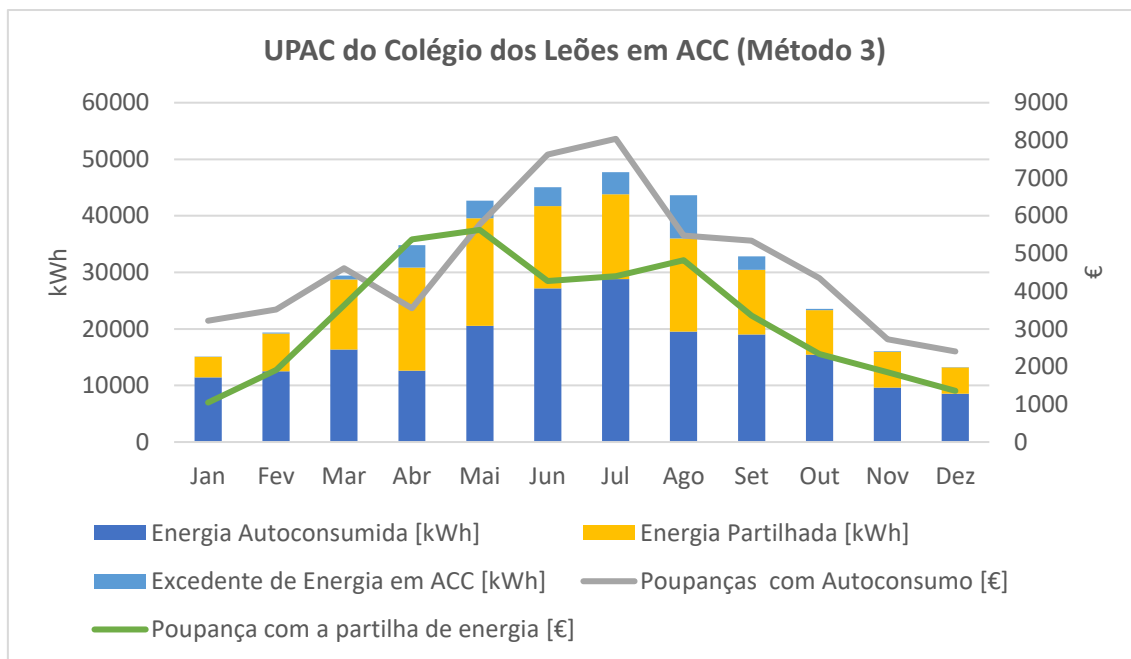


Figura 74- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 3)

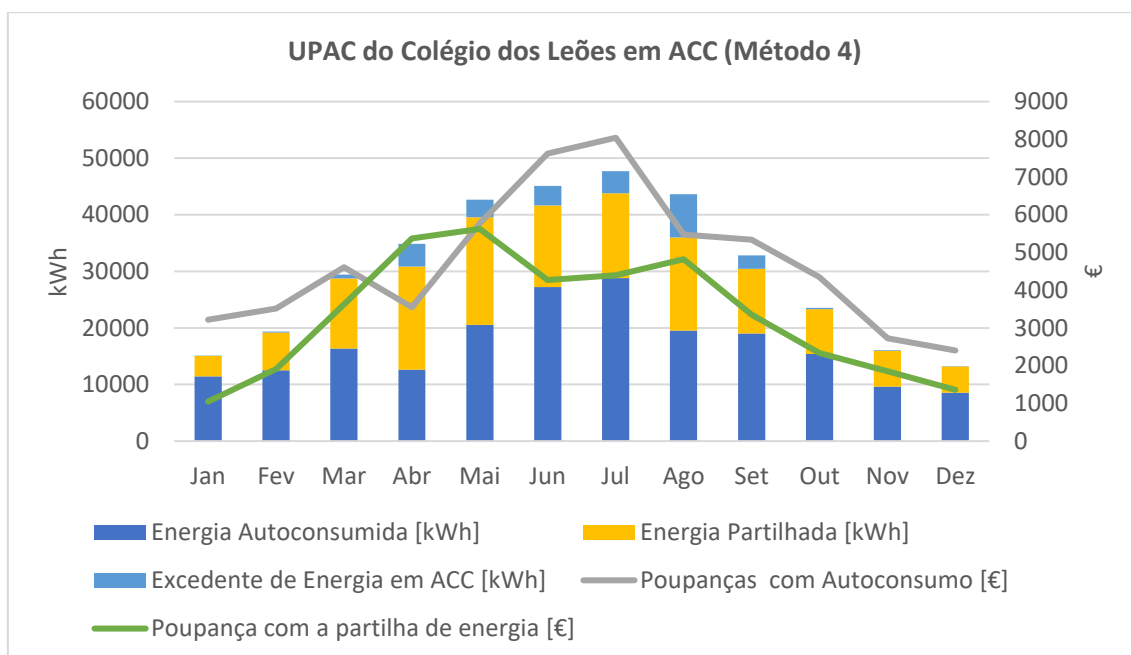


Figura 75- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 4)

A UPAC do Colégio dos Leões, a operar em regime de ACC, apresenta para:

- O método 1, uma energia autoconsumida anual de 201,67 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 81,41 MWh e uma energia partilhada anual de 80,46 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 77,61% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 56 633,88€ com a energia autoconsumida e 24 041,51 € com a energia partilhada;
- O método 2, uma energia autoconsumida anual de 201,67 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 36,27 MWh e uma energia partilhada anual

de 125,60 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 90,02% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 56 633,88 € com a energia autoconsumida e 36 843,19 € com a energia partilhada;

- O método 3, uma energia autoconsumida anual de 201,67 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 25,71 MWh e uma energia partilhada anual de 136,16 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 92,93% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 56 633,88 € com a energia autoconsumida e 39 973,77 € com a energia partilhada;
- O método 4, uma energia autoconsumida anual de 201,67 MWh, um excedente energético não aproveitado anual de 25,80 MWh e uma energia partilhada anual de 136,07 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 92,90%. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 56 633,88 € com a energia autoconsumida e 39 987,83 € com a energia partilhada.

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 28- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio dos Leões em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
Valor Atualizado Líquido [€]	1 124 539,74 € (+30,81%)	1 307 340,03 € (+40,45%)	1 352 365,51 € (+42,45%)	1 352 661,66 € (+42,46%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	311 401,13 € (0%)			
Período Recuperação Investimento [anos]	3,00 (-35,00%)	2,64 (-53,41%)	2,57 (-57,59%)	2,57 (-57,59%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	30,95% (+8,48%)	35,52% (+13,05)	36,64% (+14,17%)	36,65% (+14,18%)
Taxa de Autoconsumo global [%]	77,61 (+22,14%)	90,02 (+34,55%)	92,93 (+37,46%)	92,90 (+37,43%)
Taxa de Autossuficiência [%]	39,74 (0,00%)			
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,0363 (0,00%)			

A análise técnica revelou uma evolução clara no desempenho energético e económico à medida que se otimiza a partilha da energia excedente. O Método 1 apresenta o menor aproveitamento, com uma taxa de autoconsumo global de 77,61% e o maior excedente não utilizado (81,41 MWh), resultando em poupanças totais de 80 675,39 €. O Método 2 representa um avanço significativo, aumentando o autoconsumo global para 90,02% e reduzindo o excedente para 36,27 MWh, o que se reflete em poupanças superiores (93 477,07 €). Os Métodos 3 e 4 atingem os melhores resultados, com taxas de autoconsumo próximas de 93% e excedentes residuais abaixo de 26 MWh, traduzindo-se nas maiores poupanças anuais, de 96 607,65 € e 96 621,71 €, respetivamente. As diferenças entre os dois últimos métodos são marginais, demonstrando que ambos maximizam o desempenho

da UPAC. Assim, conclui-se que, embora todos os métodos apresentem bons resultados, a eficiência energética e a rentabilidade aumentam progressivamente, sendo os Métodos 3 e 4 os mais vantajosos em termos de aproveitamento da energia e retorno económico. Os resultados obtidos nos quatro métodos revelam que todos apresentam um excelente desempenho financeiro, com diferenças sutis que podem influenciar a escolha do cenário mais vantajoso.

O VAL varia entre 1 124 539,74 € (Método 1) e 1 352 661,66 € (Método 4), demonstrando que todos os métodos proporcionam um retorno superior sobre o investimento inicial, sendo o Método 4 aquele que apresenta o maior retorno.

O PRI é bastante curto em todos os cenários, variando entre 3,00 anos (Método 1) e 2,57 anos (Métodos 3 e 4). Isso significa que os Métodos 3 e 4 permitem uma recuperação mais rápida do capital investido, tornando-os mais atrativos.

A TIR acompanha essa tendência, oscilando entre 30,95% (Método 1) e 36,65% (Método 4), com os Métodos 3 e 4 a destacarem-se como os mais rentáveis. Esta elevada TIR evidencia um excelente potencial de retorno, superando muitos outros tipos de projetos.

O LCOE mantém-se constante para todos os métodos, fixando-se em 0,0363 €/kWh, o que significa que o custo de produção da eletricidade não varia entre as opções.

Todos os métodos analisados são altamente viáveis e lucrativos. No entanto, os Métodos 3 e 4 sobressaem por oferecerem o menor período de recuperação (2,57 anos) e a maior rentabilidade (36,64% e 36,65%, respetivamente). Entre estes, o Método 4, apesar da diferença mínima em relação ao Método 3, destaca-se como o mais rentável.

A comparação entre o regime de ACC e o ACI na UPAC do Colégio dos Leões evidencia uma clara vantagem do modelo coletivo em termos energéticos e financeiros. Enquanto o ACI apresenta uma taxa de autoconsumo de 55,47% e um VAL de 778 348,83 €, os diferentes métodos do ACC permitem aumentar significativamente a taxa de autoconsumo global, atingindo até 92,93% (método 3), e elevar o VAL até 1 352 661,66 € (método 4), refletindo ganhos de mais de 42%. Além disso, o período de recuperação do investimento é consideravelmente reduzido no regime ACC (de 4,05 anos no ACI para apenas 2,57 anos nos métodos 3 e 4), assim como se verifica um aumento relevante na TIR, que sobe de 22,47% no ACI para até 36,65% no ACC. Estes dados demonstram que a adoção do regime de autoconsumo coletivo não só maximiza a utilização da energia produzida, como também potencia substancialmente o retorno económico do investimento realizado.

Análise da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia.

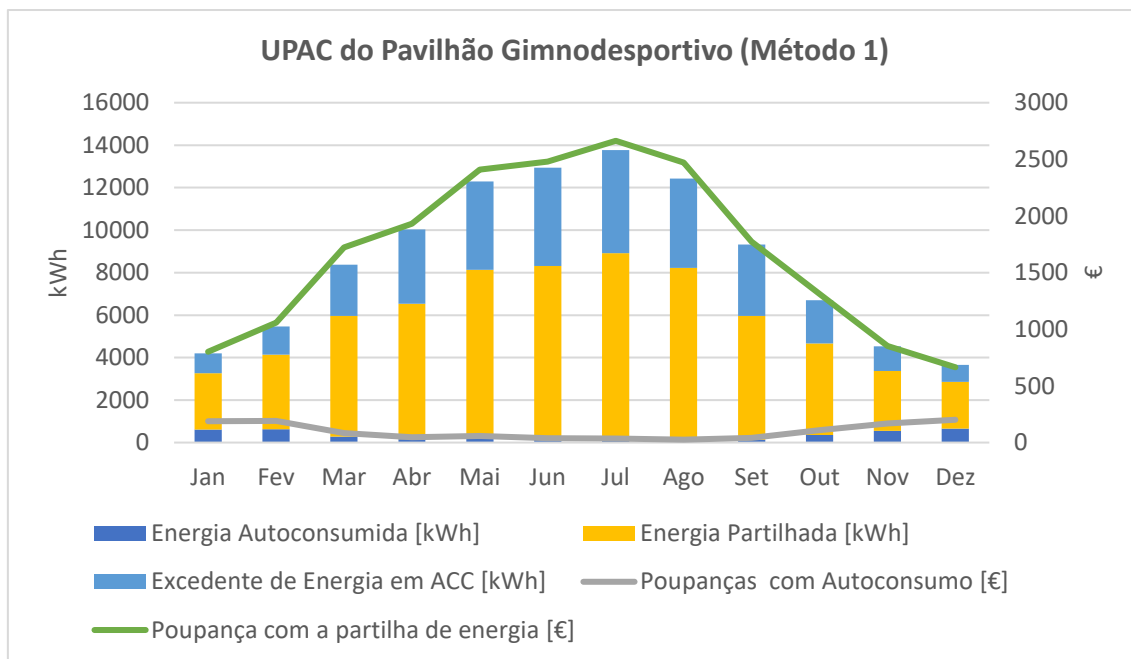


Figura 76- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 1)

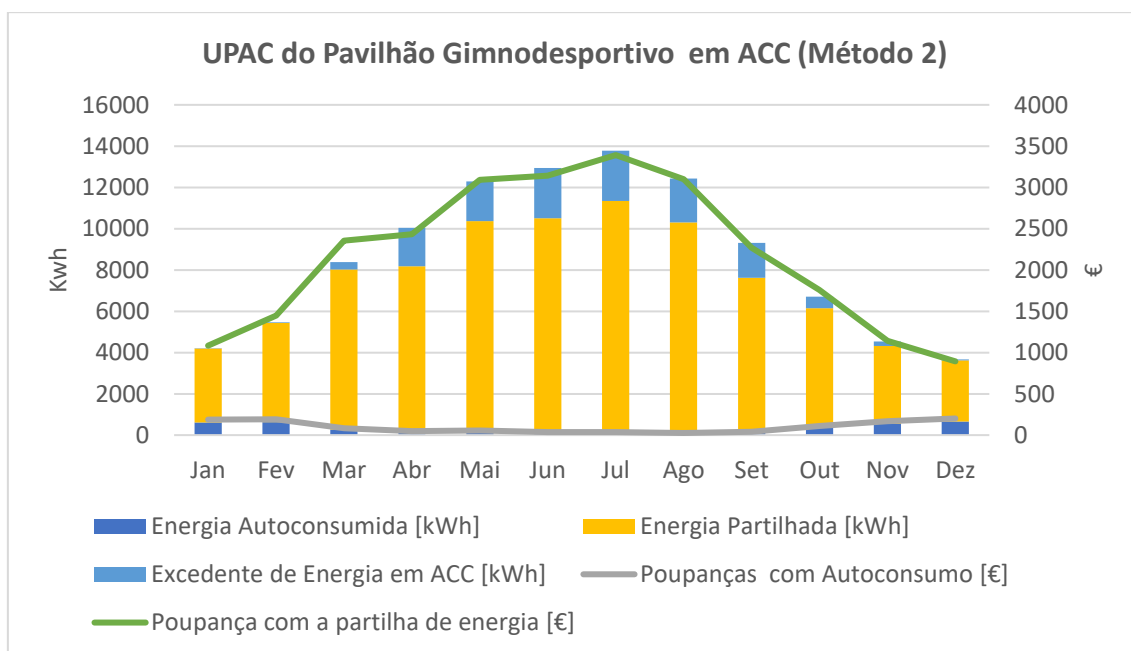


Figura 77- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 2)

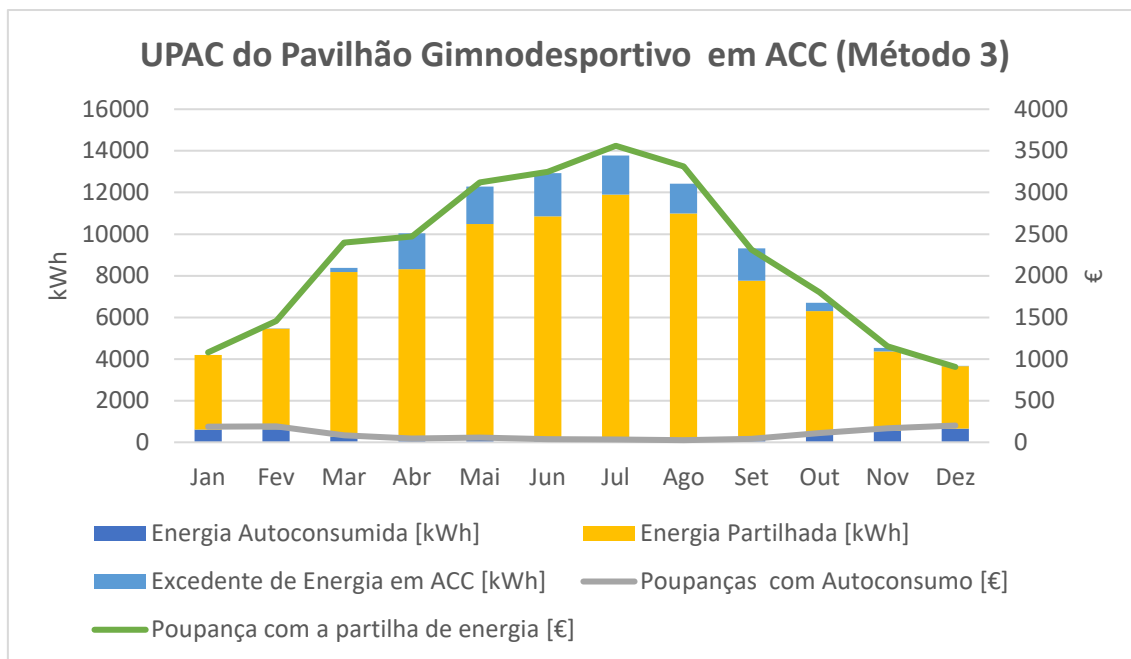


Figura 78- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 3)

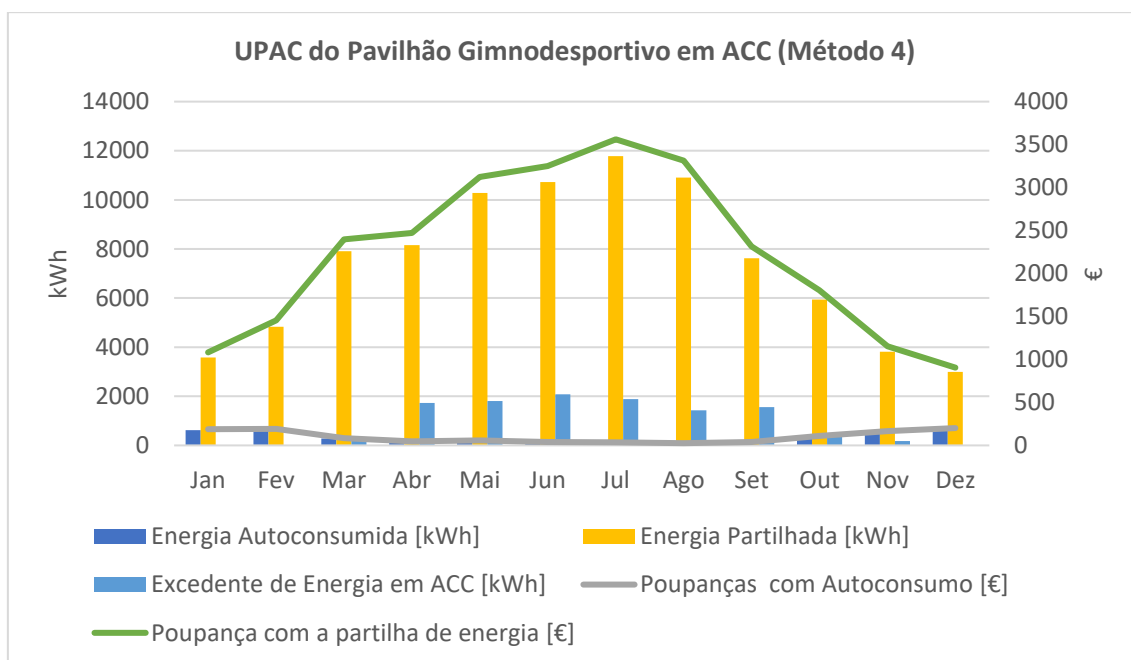


Figura 79- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 4)

A UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo, a operar em regime de ACC, apresenta para:

- O método 1, uma energia autoconsumida anual de 3,93 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 33,40 MWh e uma energia partilhada anual de 66,40 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 67,80% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 1 183,26 € com a energia autoconsumida e 20 143,97 € com a energia partilhada;
- O método 2, uma energia autoconsumida anual de 3,93 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 13,67 MWh e uma energia partilhada anual

de 86,12 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 86,82% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 1 183,26 € com a energia autoconsumida e 26 108,53 € com a energia partilhada;

- O método 3, uma energia autoconsumida anual de 3,93 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 11,28 MWh e uma energia partilhada anual de 88,51 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 89,12% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 1 183,26 € com a energia autoconsumida e 26 825,38 € com a energia partilhada;
- O método 4, uma energia autoconsumida anual de 3,93 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 11,28 MWh e uma energia partilhada anual de 88,51 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 89,12% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 1 183,26 € com a energia autoconsumida e 26 825,52 € com a energia partilhada;

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 29- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
Valor Atualizado Líquido [€]	308 130,29 € (+94,36%)	394 177,90 € (+95,59%)	404 508,42 € (+95,70%)	404 511,52 € (+95,70%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	79 058,13 € (0,00%)			
Período Recuperação Investimento [anos]	2,80 (-465,36%)	2,26 (-599,56%)	2,21 (-615,38%)	2,21 (-615,38%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	33,38% (+30,67%)	41,81% (+39,10%)	42,81% (+40,10%)	42,81% (+40,10%)
Taxa de Autoconsumo Global [%]	67,80 (+64,01%)	86,82 (+83,03%)	89,12 (+85,33%)	89,12 (+85,33%)
Taxa de Autossuficiência [%]	20,67 (0,00%)			
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,0323 (0,00%)			

A comparação dos resultados técnicos nos quatro métodos aplicados à UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em regime de ACC evidencia um aumento progressivo da eficiência energética e das poupanças económicas à medida que se maximiza a partilha da energia excedente. O método 1 apresenta o menor desempenho, com uma taxa de autoconsumo global de 67,80% e um excedente não aproveitado de 33,40 MWh, resultando nas menores poupanças totais (21 327,23 €). Já o método 2 revela uma melhoria significativa, aumentando a taxa de autoconsumo global para 86,82% e reduzindo o excedente para 13,67 MWh, o que se reflete num ganho económico de 27 291,79 €. Os métodos 3 e 4

apresentam os melhores resultados, atingindo uma taxa de autoconsumo de 89,12% e o menor nível de desperdício (11,28 MWh), com poupanças totais que ultrapassam ligeiramente os 28 000 €, sendo a diferença entre ambos praticamente nula. Em suma, os métodos 3 e 4 maximizam a rentabilidade e a utilização da energia produzida, destacando-se como as opções mais vantajosas.

A resultados financeiros obtidos nos quatro métodos confirmam que todos são financeiramente viáveis e apresentam excelente rentabilidade, com diferenças sutis que podem influenciar a escolha da melhor opção.

O VAL varia entre 308 130,29 € (Método 1) e 404 511,52 € (Método 4), sendo que os Métodos 3 e 4 oferecem os melhores retornos financeiros.

O PRI é bastante curto em todas as opções, variando entre 2,80 anos (Método 1) e 2,21 anos (Métodos 3 e 4). Isso demonstra que os Métodos 3 e 4 possibilitam uma recuperação mais rápida do capital investido inicialmente, tornando-se mais atrativos.

A TIR segue essa tendência, oscilando entre 33,38% (Método 1) e 42,81% (Métodos 3 e 4). Como esperado, os Métodos 3 e 4 apresentam a melhor taxa de retorno, evidenciando um projeto altamente lucrativo.

O LCOE mantém-se constante para todos os métodos, fixando-se em 0,0323 €/kWh.

Todos os métodos analisados são economicamente viáveis. No entanto, os Métodos 3 e 4 destacam-se por oferecerem o menor período de recuperação (2,21 anos) e a maior rentabilidade (42,81%). Como ambos apresentam um desempenho praticamente idêntico, qualquer um deles representa a melhor escolha.

A comparação entre os regimes ACI e ACC para a UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo evidencia uma clara vantagem técnica e financeira do modelo de ACC. No regime ACI, a taxa de autoconsumo é extremamente baixa (3,79%), resultando num fraco desempenho financeiro, com um VAL de apenas 17 377,35 €, um período de recuperação de 15,81 anos e uma TIR de 2,71%. Em contraste, todos os métodos em ACC apresentam taxas de autoconsumo significativamente superiores, acima dos 67%, com destaque para os métodos 3 e 4, que atingem 89,12%, minimizando o desperdício energético e maximizando a partilha. Estes métodos conduzem a VAL acima dos 400 000 €, períodos de recuperação inferiores a 2,3 anos e TIR próximas de 43%, representando um aumento de mais de 95% no VAL e uma melhoria acentuada da rentabilidade. Assim, o regime ACC mostra-se muito mais eficiente e financeiramente atrativo para esta instalação.

Análise da UPAC Colégio Pedro da Fonseca em ACC

Inicialmente, com base nos consumos energéticos, nas produções de energia, nas tarifas energéticas, na energia autoconsumida e na energia disponível para partilha da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca, determinou-se a energia partilhada com a IU, o excedente de energia não aproveitado do ACC e as poupanças geradas pela partilha de energia.

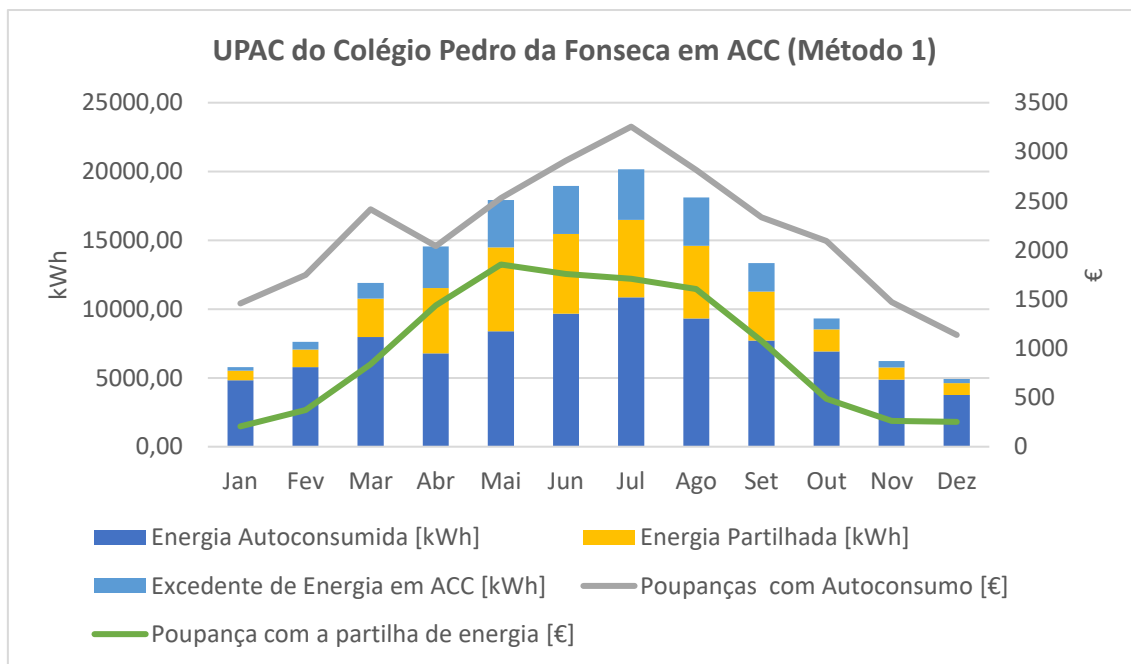


Figura 80- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 1)

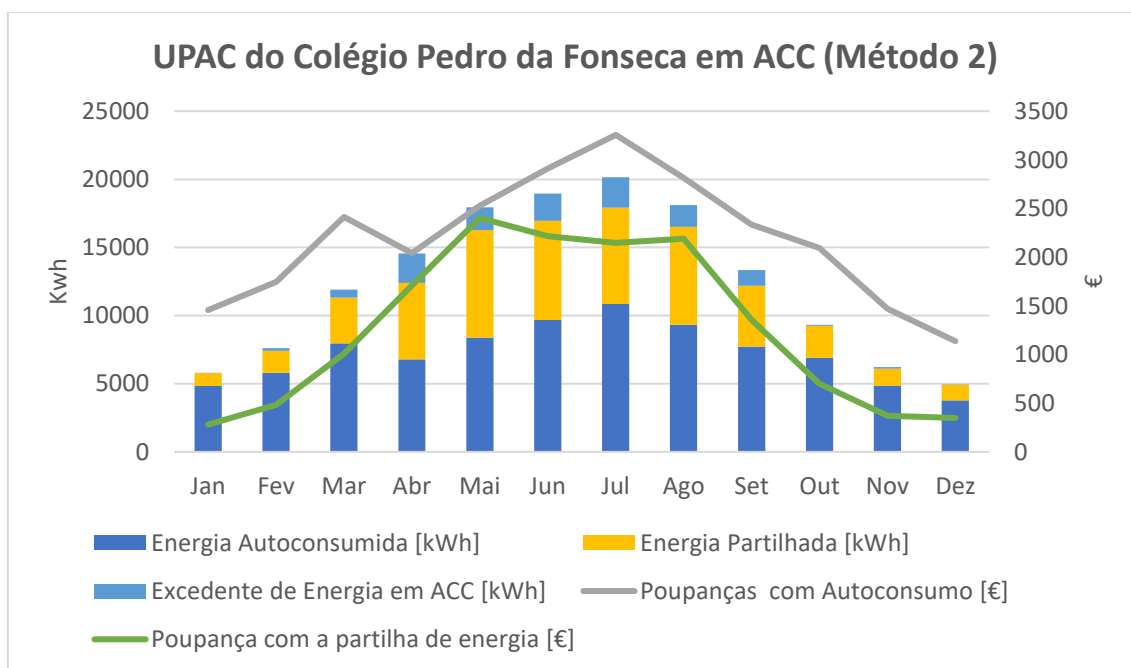


Figura 81- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 2)

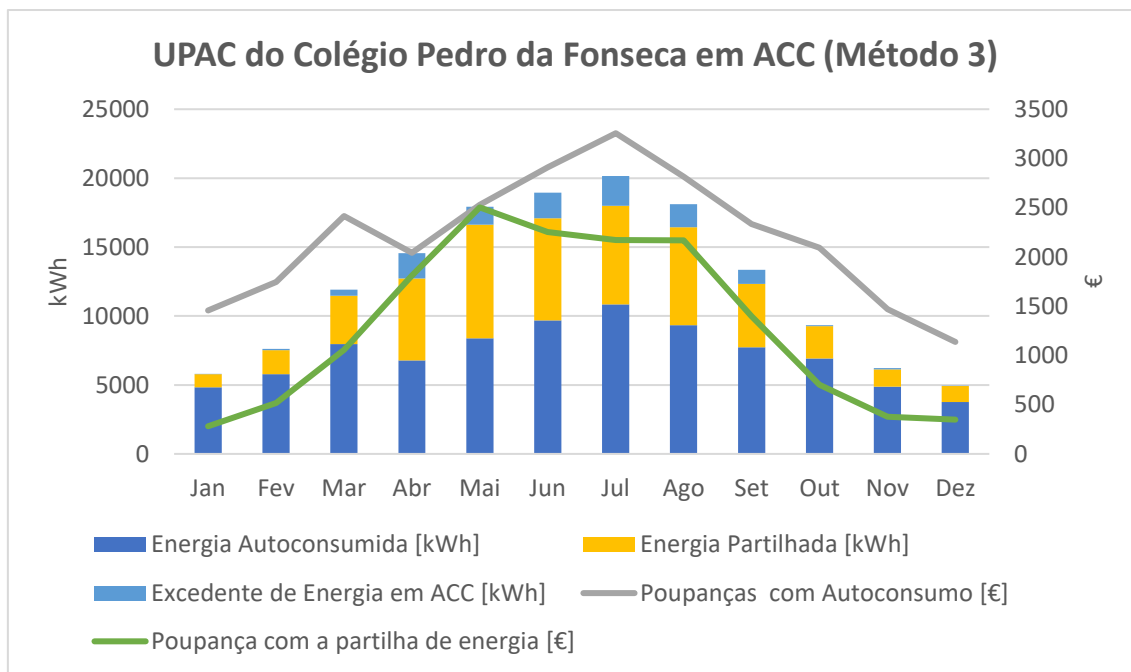


Figura 82- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 3)

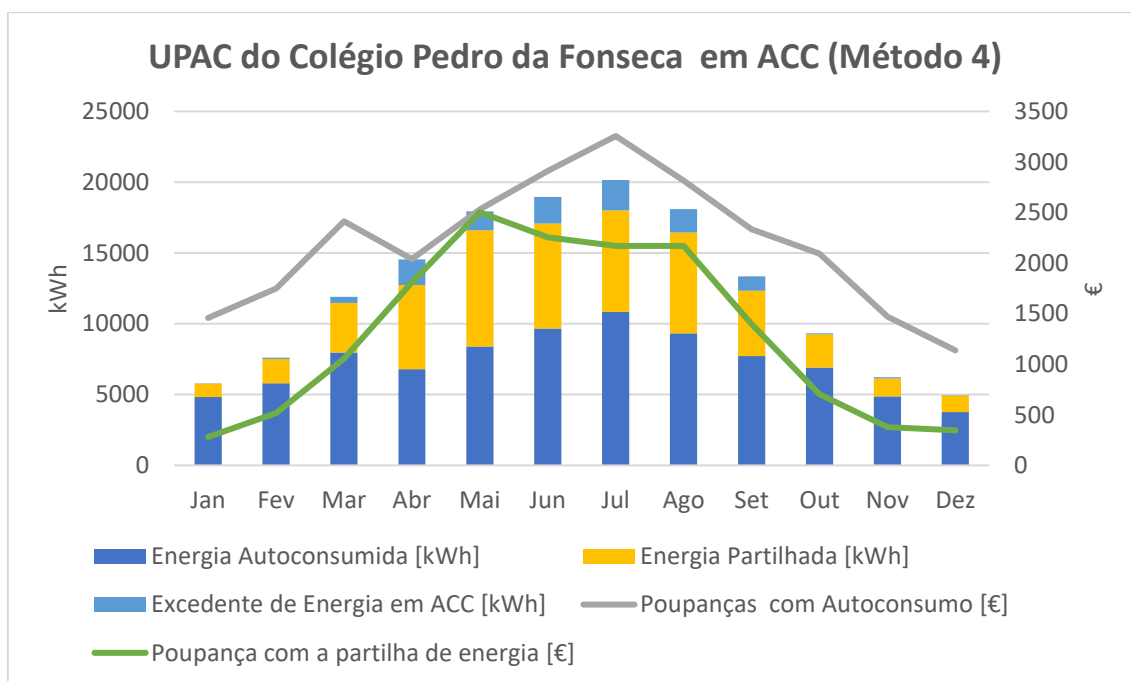


Figura 83- Energia autoconsumida, energia excedente, poupanças com autoconsumo, energia partilhada e poupanças com a partilha de energia da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 4)

A UPAC do Colégio Pedro da Fonseca, a operar em regime de ACC, apresenta para:

- O método 1, uma energia autoconsumida anual de 86,89 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 22,74 MWh e uma energia partilhada anual de 39,20 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 84,72% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 26 209,28 € com a energia autoconsumida e 11 862,71 € com a energia partilhada;

- O método 2, uma energia autoconsumida anual de 86,89 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 11,76 MWh e uma energia partilhada anual de 50,18 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 92,10% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 26 209,28 € com a energia autoconsumida e 15 214,34 € com a energia partilhada;
- O método 3, uma energia autoconsumida anual de 86,89 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 10,53 MWh e uma energia partilhada anual de 51,41 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 92,92% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 26 209,28 € com a energia autoconsumida e 15 583,92 € com a energia partilhada;
- O método 4, uma energia autoconsumida anual de 86,89 MWh, um excedente energético anual não aproveitado de 10,53 MWh e uma energia partilhada anual de 51,41 MWh, resultando em uma taxa de autoconsumo global de 92,92% proveniente do autoconsumo e da partilha de energia. Este cenário gera poupanças económicas anuais de 26 209,28 € com a energia autoconsumida e 15 583,95 € com a energia partilhada.

Relativamente à análise financeira desta UPAC em regime de ACC, e considerando que o excedente de energia injetado na rede é vendido a um preço de 0,05 €/kWh, foram obtidos os cash flows atualizados e os cash flows atualizados acumulados (página 145) e os seguintes resultados financeiros:

Tabela 30- Resultados Técnico-Financeiros da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC com diferenças percentuais com o ACI entre parênteses

	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
Valor Atualizado Líquido [€]	547 157,48 € (+31,28%)	595 580,00 € (+36,86%)	600 907,89 € (+37,45%)	600 908,39 € (+37,45%)
Custos Totais Ciclo Vida [€]	116 194,45 € (0,00%)			
Período Recuperação Investimento [anos]	2,38 (-37,89%)	2,21 (-47,96%)	2,19 (-49,32%)	2,19 (-49,32%)
Taxa Interna Rentabilidade [%]	39,64 (+11,3%)	42,85 (+14,51%)	43,20 (+14,96%)	43,20 (+14,96%)
Taxa de Autoconsumo Global [%]	84,72 (+25,94%)	92,10 (+33,32%)	92,92 (+34,14%)	92,92 (+34,14%)
Taxa de Autossuficiência	45,42 (0,00%)			
Custo Nivelado Eletricidade [€/kWh]	0,033 (0,00%)			

Os resultados técnicos dos quatro métodos aplicados à UPAC do Colégio Pedro da Fonseca, em regime de ACC, revela melhorias progressivas nos indicadores de eficiência energética e benefícios económicos, com destaque para os métodos 3 e 4. O método 1 apresenta a menor taxa de autoconsumo global (84,72%) e as menores poupanças com energia partilhada (11 862,71 €), refletindo o maior desperdício energético (22,74 MWh). Já o método 2 mostra uma melhoria significativa, com a taxa de autoconsumo a subir para

92,10% e o excedente não aproveitado a cair para 11,76 MWh, resultando num aumento relevante das poupanças com partilha (15 214,34 €). Os métodos 3 e 4 atingem o melhor desempenho técnico, com uma taxa de autoconsumo global de 92,92%, o menor excedente (10,53 MWh) e as maiores poupanças com energia partilhada (15 583,92 € e 15 583,95 €, respetivamente).

Os resultados financeiros dos quatro métodos mostram uma excelente viabilidade financeira, com algumas diferenças que podem influenciar a decisão do melhor cenário. O VAL varia entre 547 157,48 € (Método 1) e 600 908,39 € (Método 4), com o Método 4 apresentando o maior retorno financeiro, seguido de perto pelo Método 3, que tem 600 907,89 €. Esses valores indicam que os Métodos 3 e 4 proporcionam o maior retorno ao longo do tempo.

O PRI varia entre 2,38 anos (Método 1) e 2,19 anos (Método 3 e 4), com os Métodos 3 e 4 a apresentar o menor tempo de recuperação, o que significa que o retorno do investimento inicial ocorre de forma mais rápida nesses casos. O Método 2 tem um PRI de 2,21 anos, sendo igualmente competitivo, mas com um tempo de retorno ligeiramente maior do que os Métodos 3 e 4.

A TIR segue essa tendência, variando entre 39,64% (Método 1) e 43,20% (Métodos 3 e 4). Os Métodos 3 e 4 destacam-se com a maior TIR, indicando um retorno mais elevado sobre o investimento inicial em comparação com os outros métodos. O Método 2 apresenta uma TIR de 42,85%, também bastante alta, mas ainda ligeiramente inferior aos Métodos 3 e 4.

O LCOE é o mesmo para todos os métodos, fixado em 0,033 €/kWh, o que mantém a competitividade no custo de produção de eletricidade consistente em todas as opções.

Em resumo, todos os métodos apresentam uma excelente rentabilidade e viabilidade financeira. No entanto, os Métodos 3 e 4 destacam-se por oferecerem o menor período de recuperação (2,19 anos) e a maior rentabilidade (43,20%). Como ambos apresentam um desempenho praticamente idêntico, qualquer um deles representa a melhor escolha.

A comparação entre os regimes ACC e ACI para a UPAC do Colégio Pedro da Fonseca evidencia vantagens significativas do ACC em diversos parâmetros técnico-financeiros. O regime ACC apresenta taxas de autoconsumo global muito superiores, variando entre 84,72% e 92,92%, contra 58,38% no regime ACI, o que indica um aproveitamento mais eficiente da energia produzida, tanto pelo autoconsumo quanto pela partilha. Financeiramente, o ACC também demonstra melhor desempenho, com valores atualizados líquidos entre 547 157,48 € e 600 908,39 €, que são cerca de 31% a 37% superiores ao valor de 375 999,99 € do ACI. Além disso, o período de recuperação do investimento é menor no ACC, entre 2,19 e 2,38 anos, enquanto no ACI é de 3,27 anos, evidenciando maior rapidez no retorno financeiro. As taxas internas de rentabilidade também são mais elevadas no ACC (39,64% a 43,20%) comparado com 28,34% no ACI. Por fim, o custo nivelado da eletricidade é igual nos dois regimes, mas o ACC promove uma maior eficiência e melhores poupanças económicas globais, confirmando que o regime ACC é mais vantajoso para a UPAC em análise.

Anexo 14 – Cash Flow Atualizado e Cash Flow Atualizado Acumulado das UPAC da Universidade de Évora em ACC

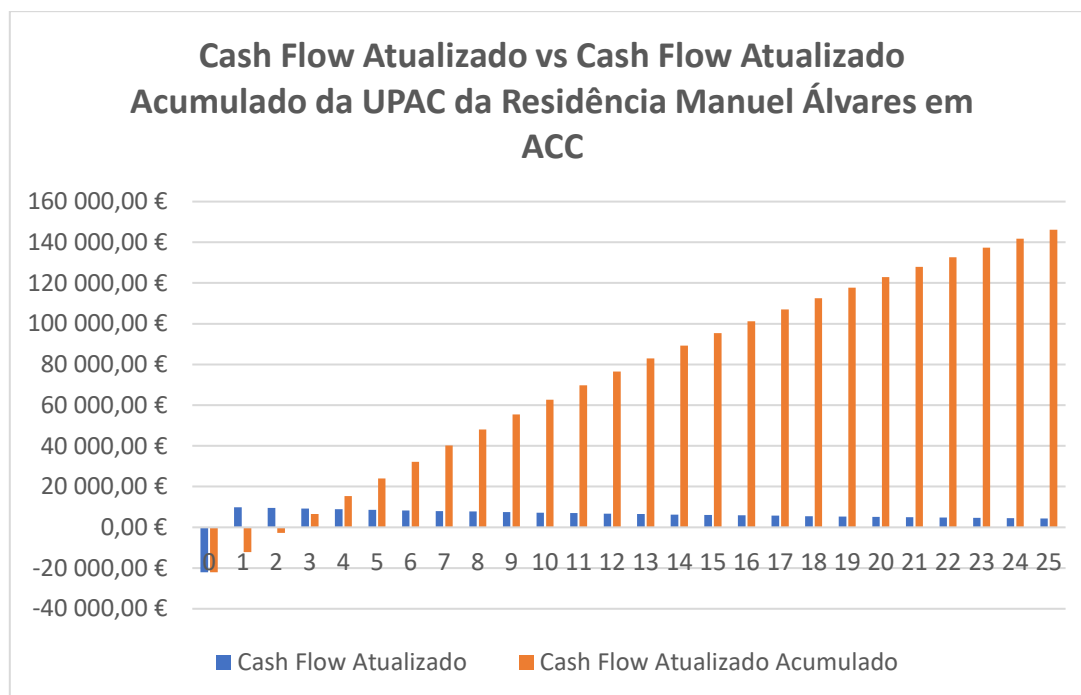


Figura 84- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Manuel Álvares em ACC

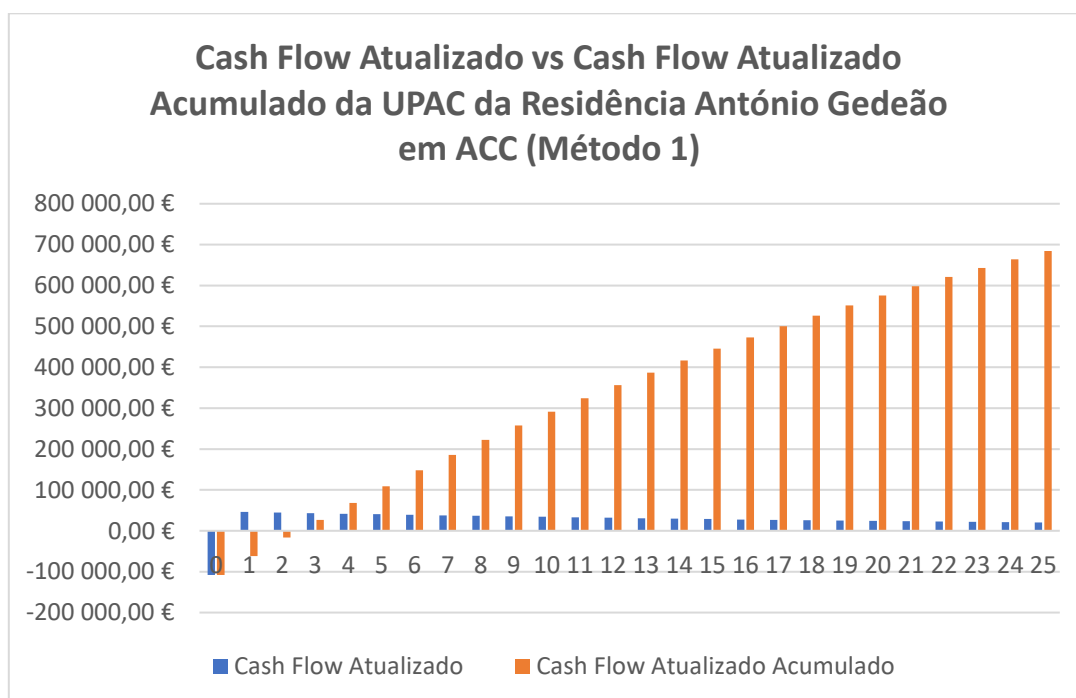


Figura 85- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 1)

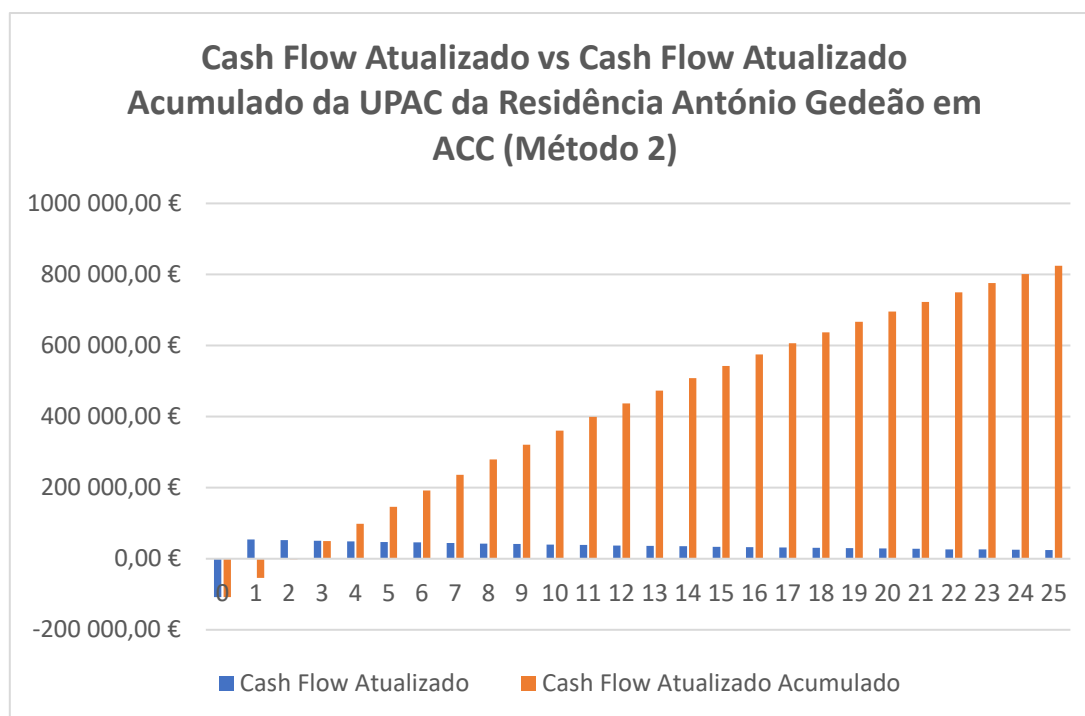


Figura 86- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 2)

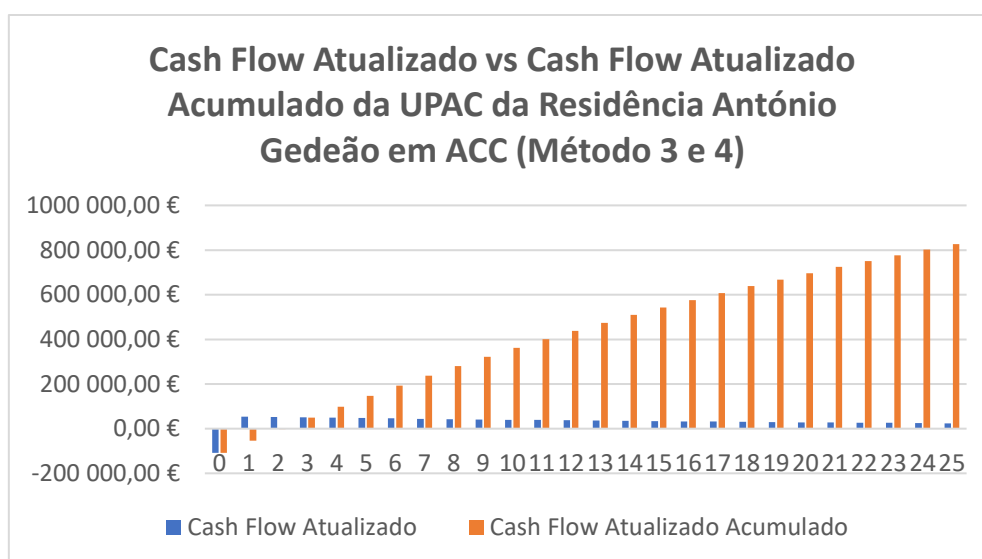


Figura 87- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência António Gedeão em ACC (Método 3 e 4)

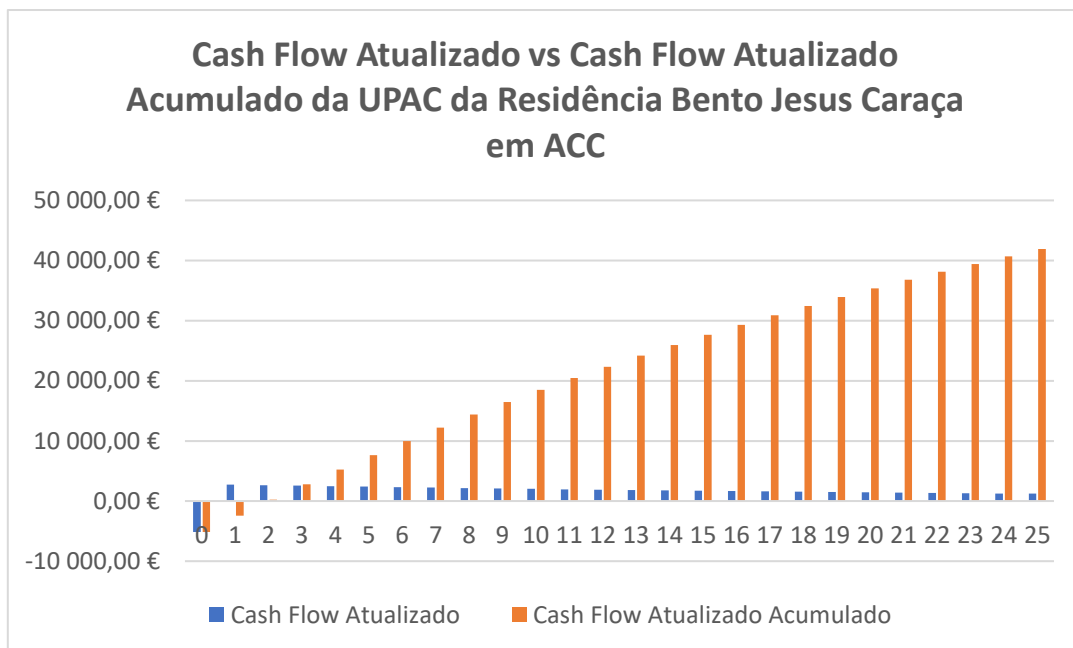


Figura 88- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Residência Bento Jesus Caraça em ACC

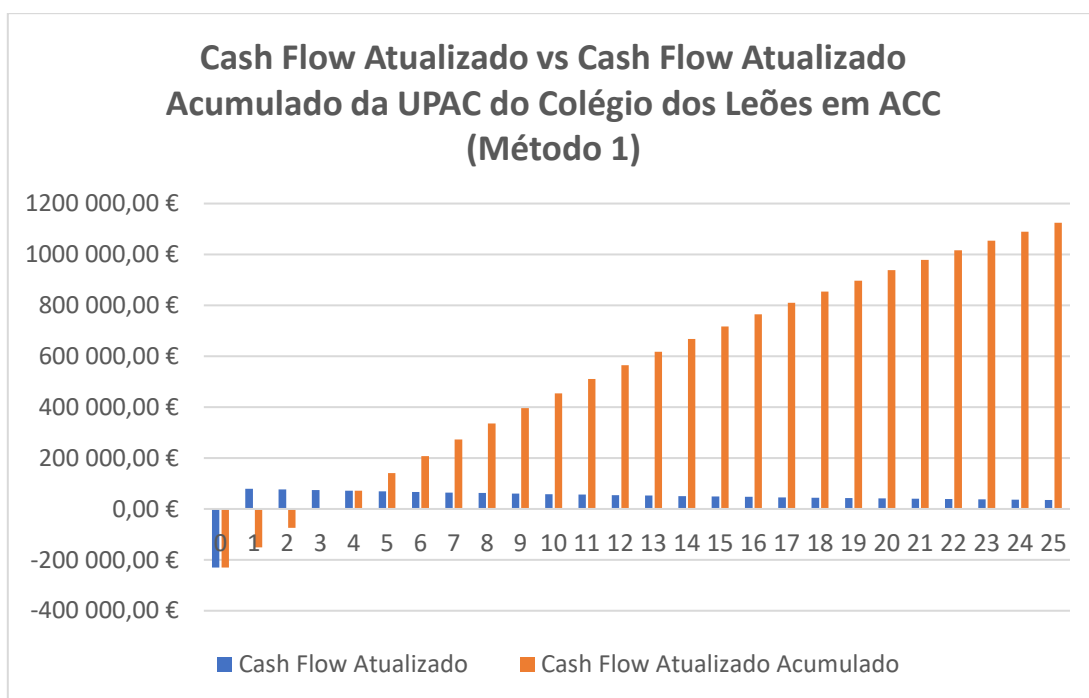


Figura 89- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 1)

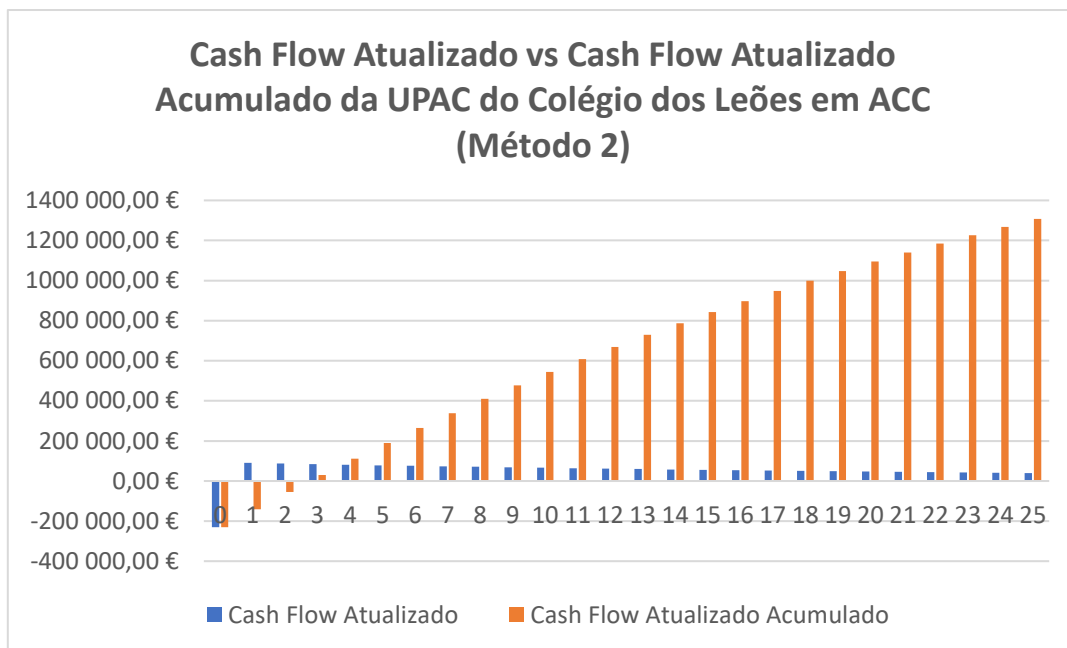


Figura 90- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 2)

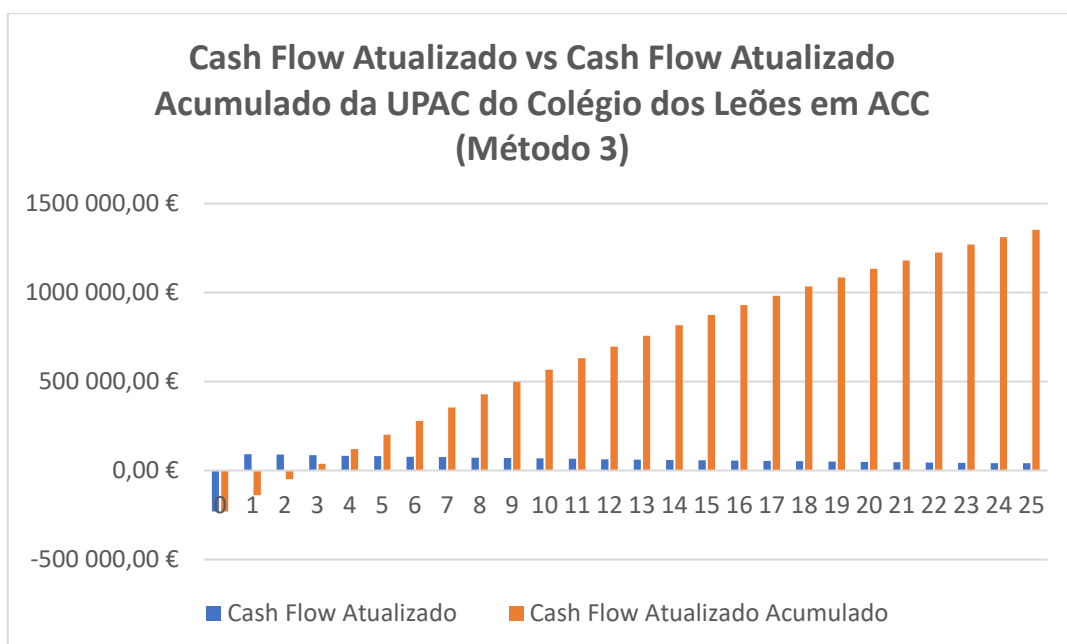


Figura 91- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 3)

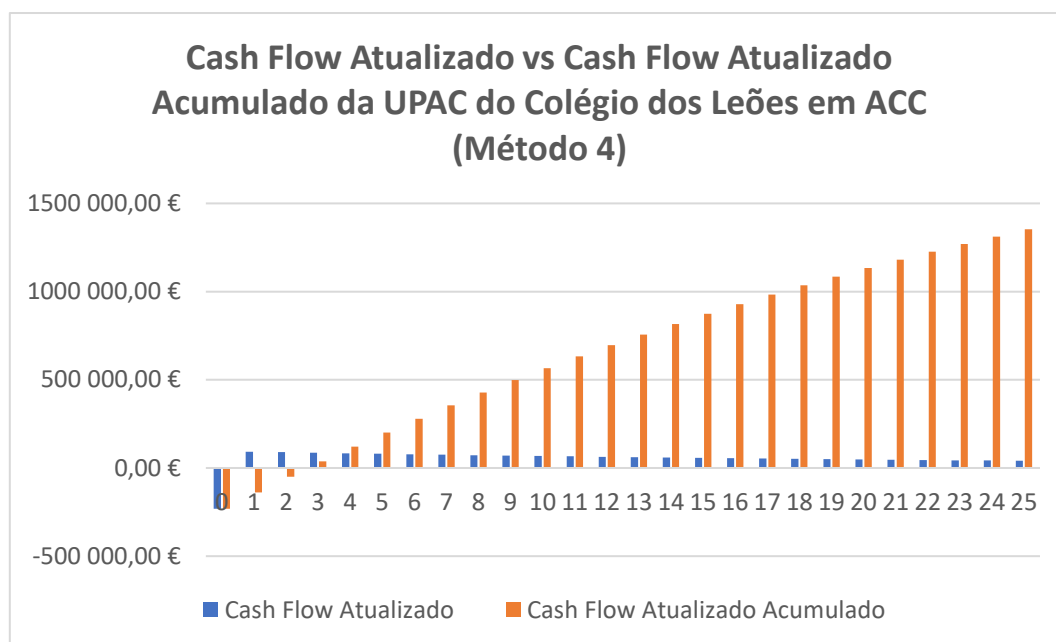


Figura 92- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio dos Leões em ACC (Método 4)

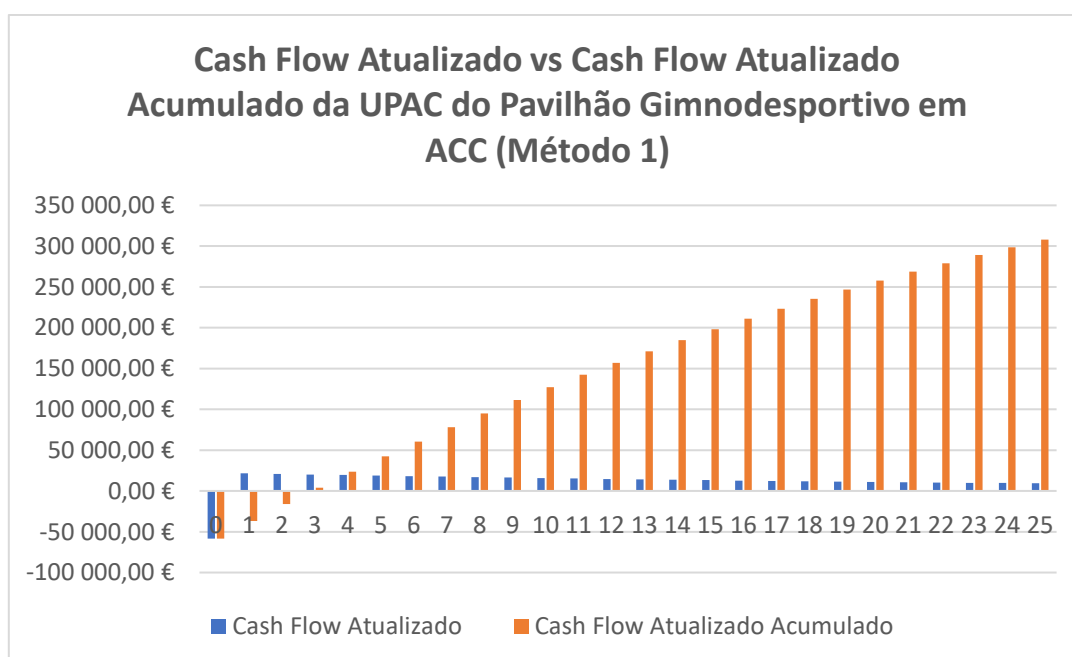


Figura 93- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 1)

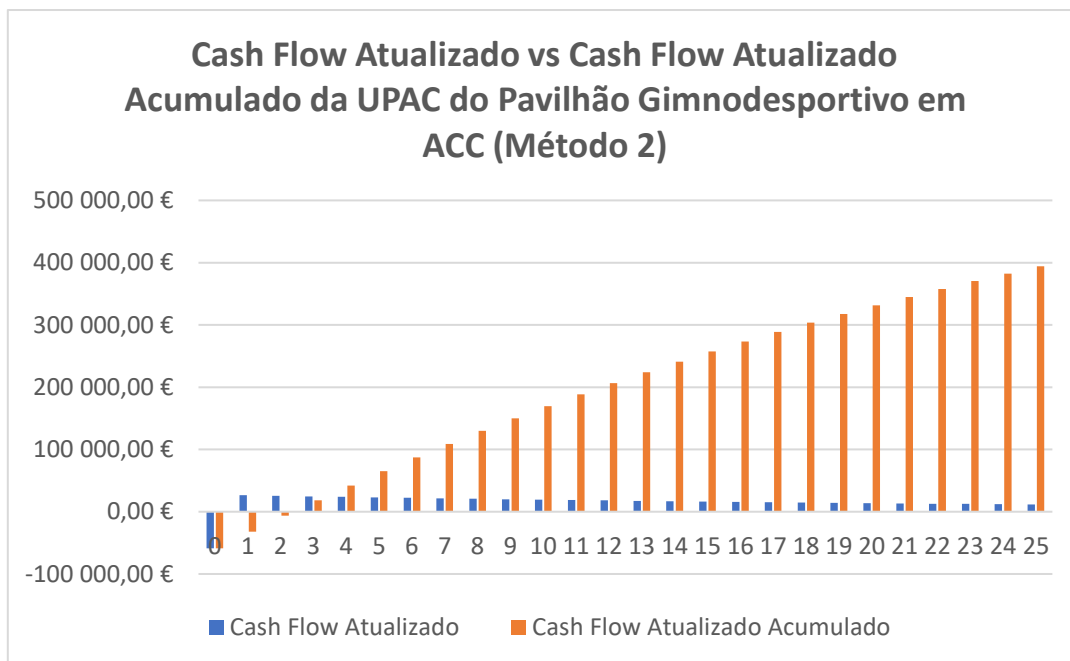


Figura 94- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 2)

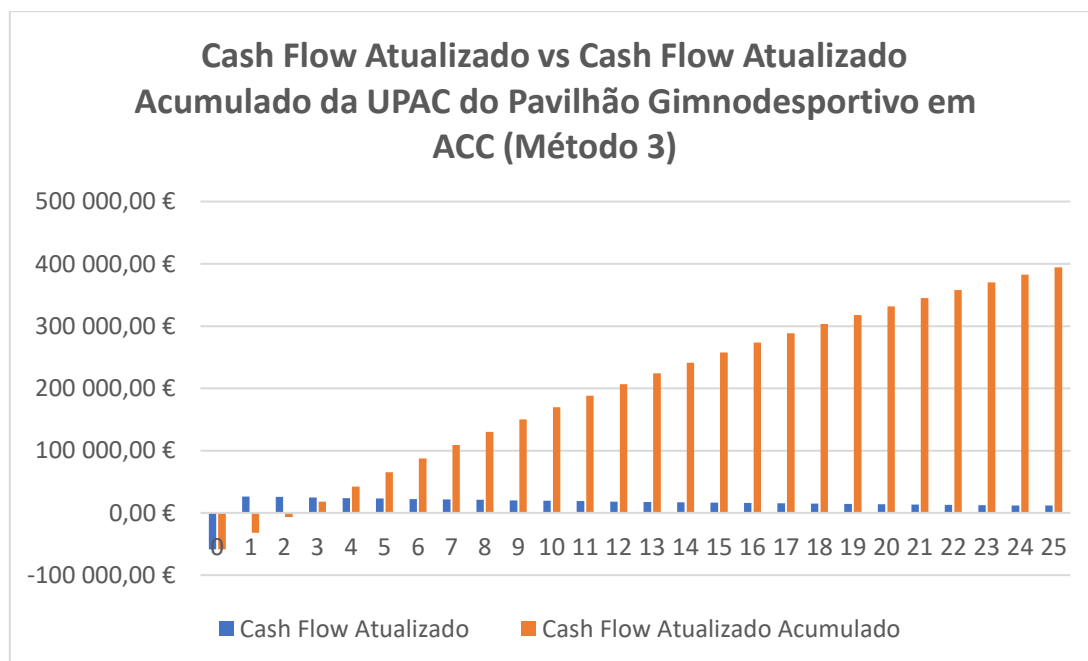


Figura 95- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 3)

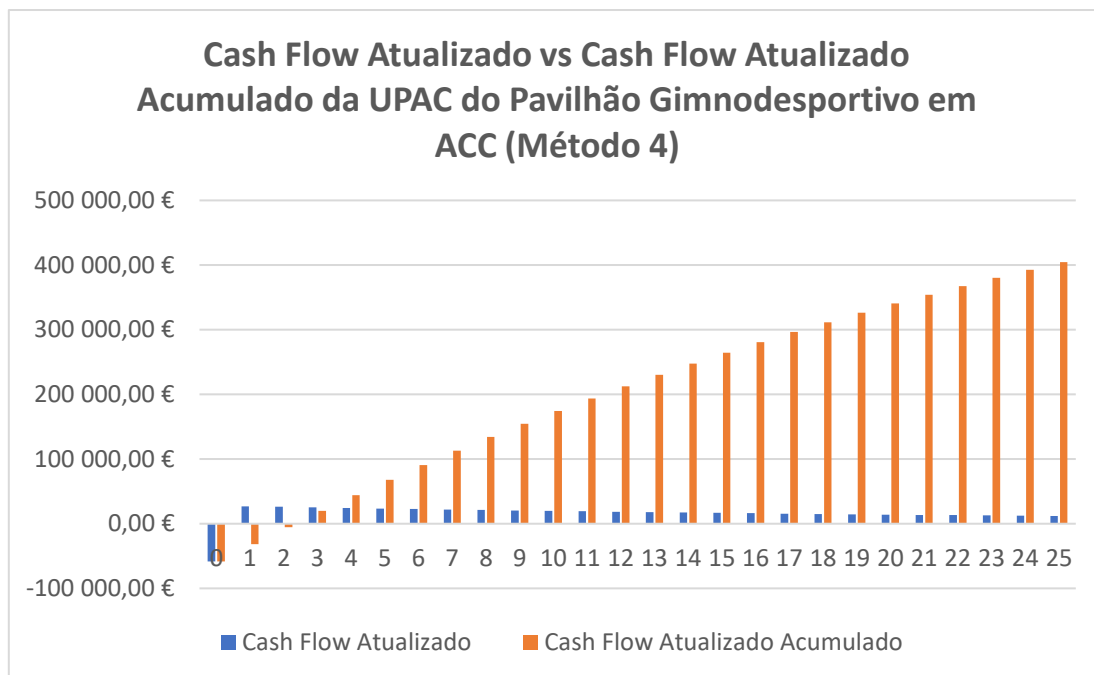


Figura 96- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Pavilhão Gimnodesportivo em ACC (Método 4)

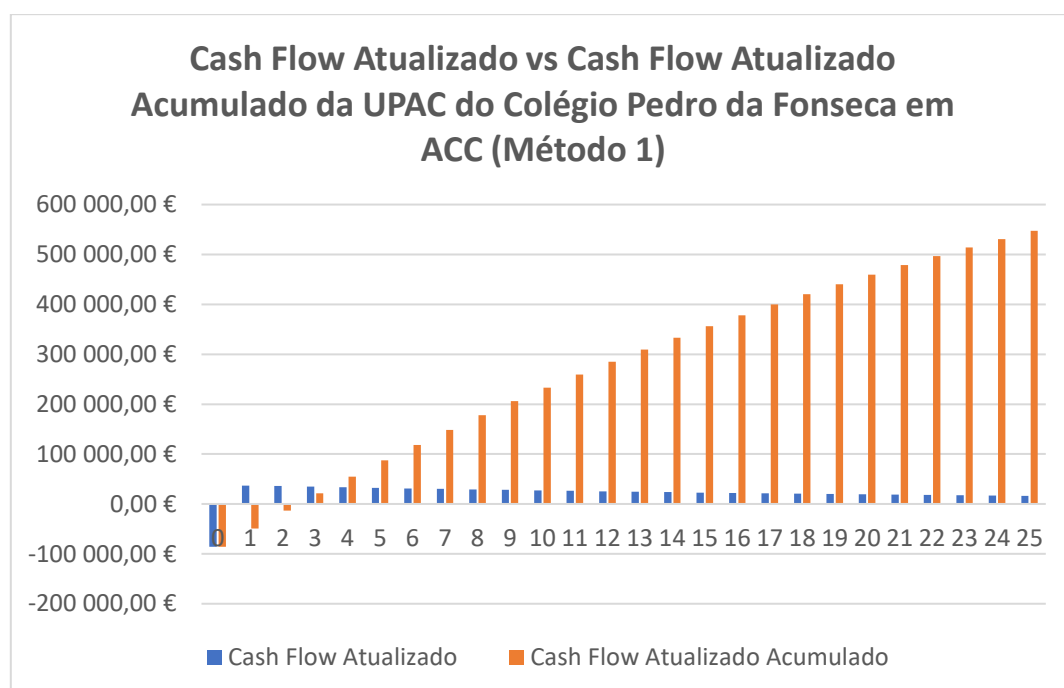


Figura 97- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 1)

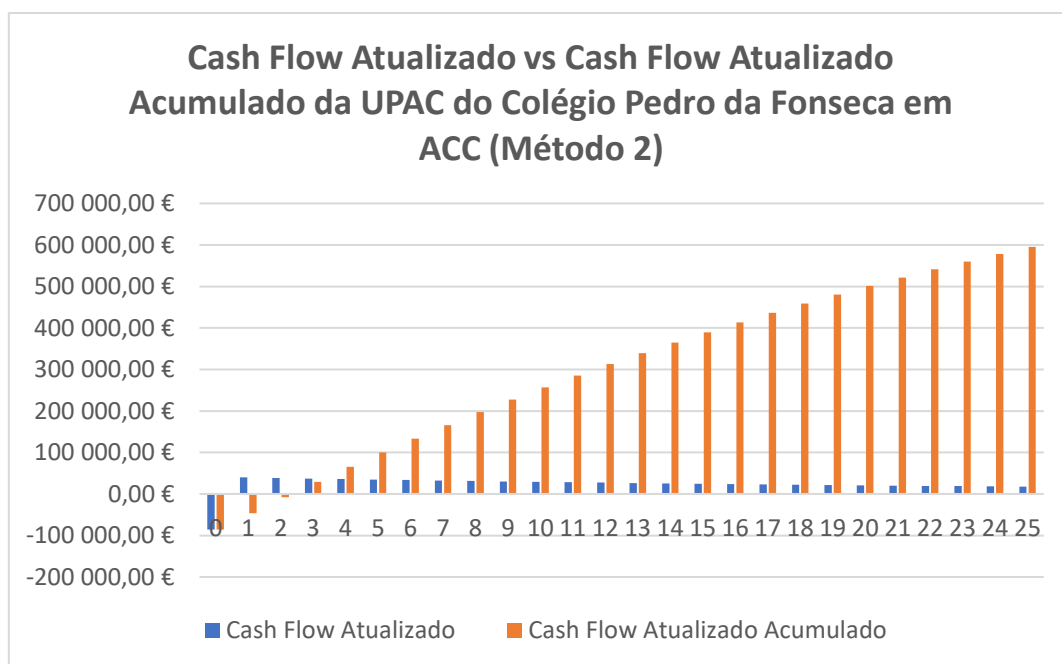


Figura 98- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 2)

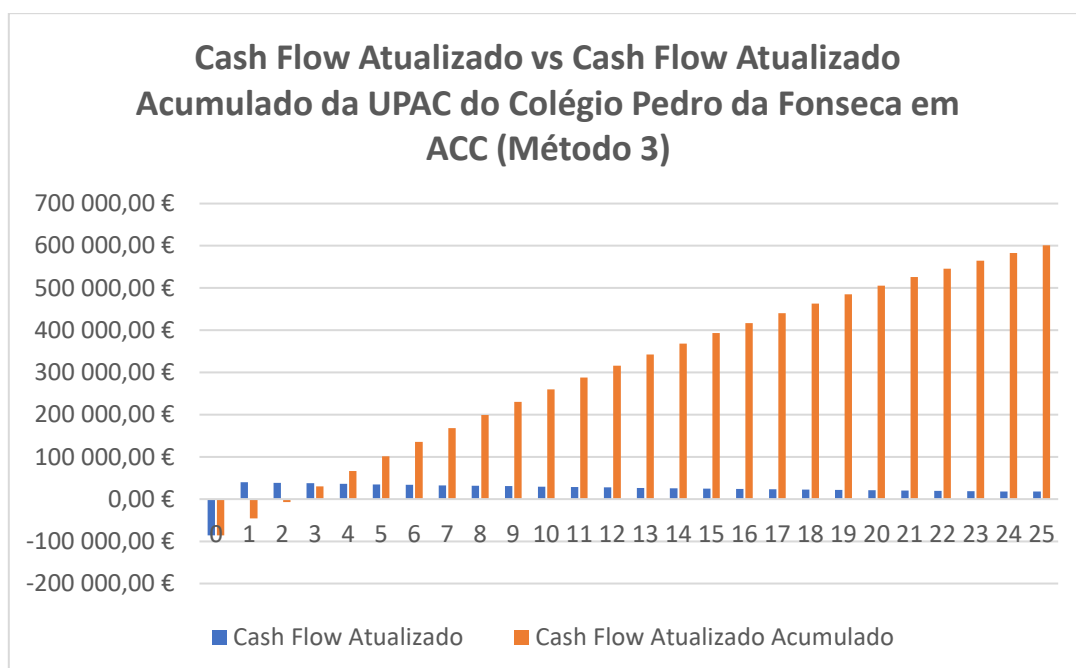


Figura 99- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 3)

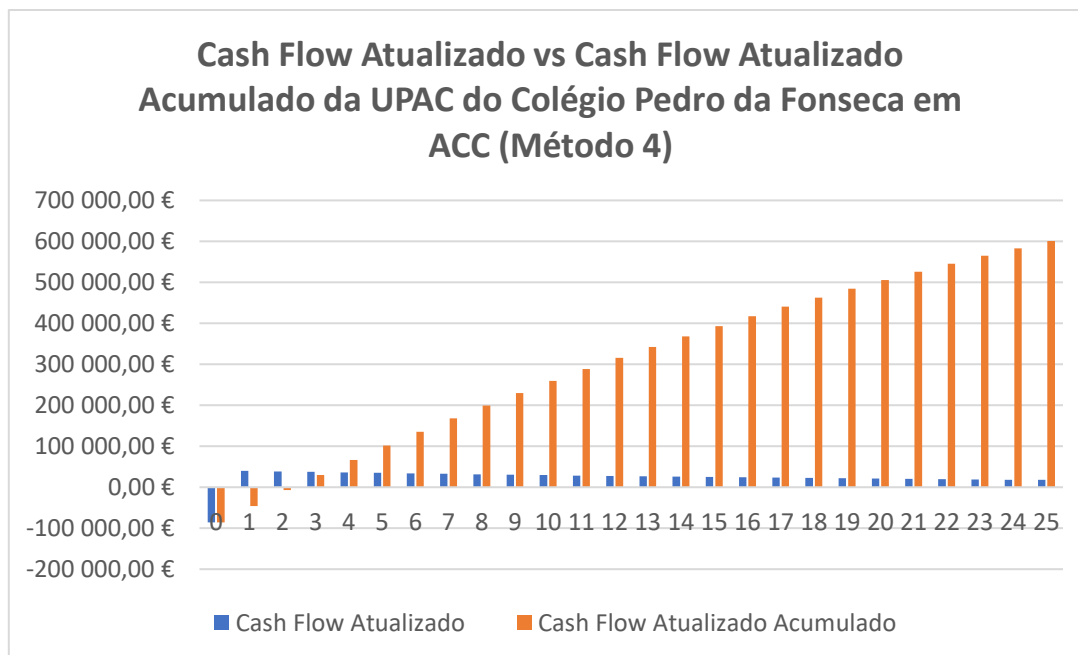


Figura 100- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC do Colégio Pedro da Fonseca em ACC (Método 4)

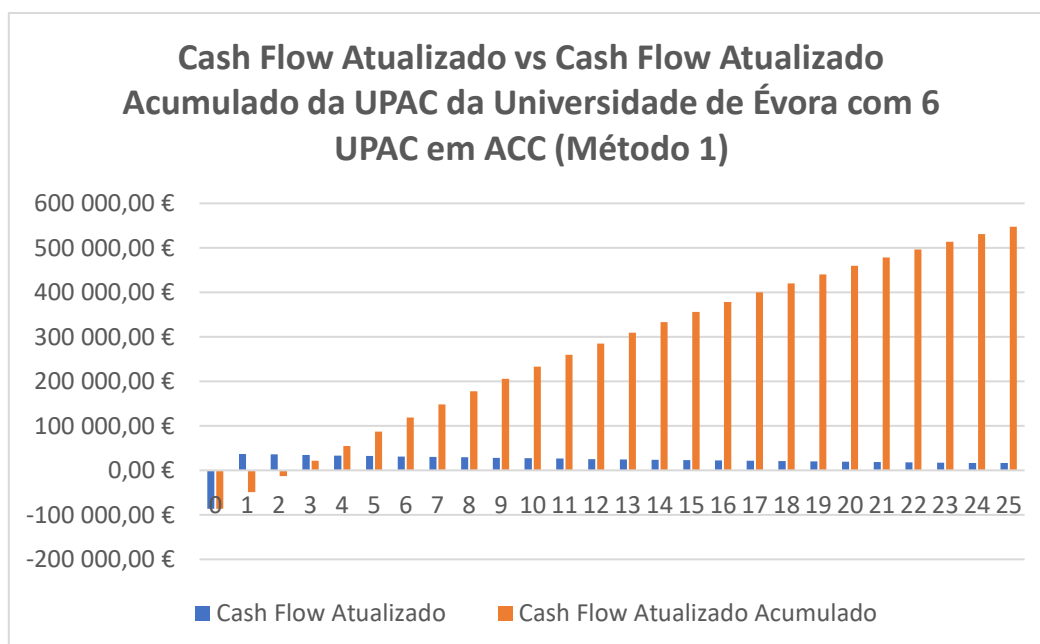


Figura 101- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 1)

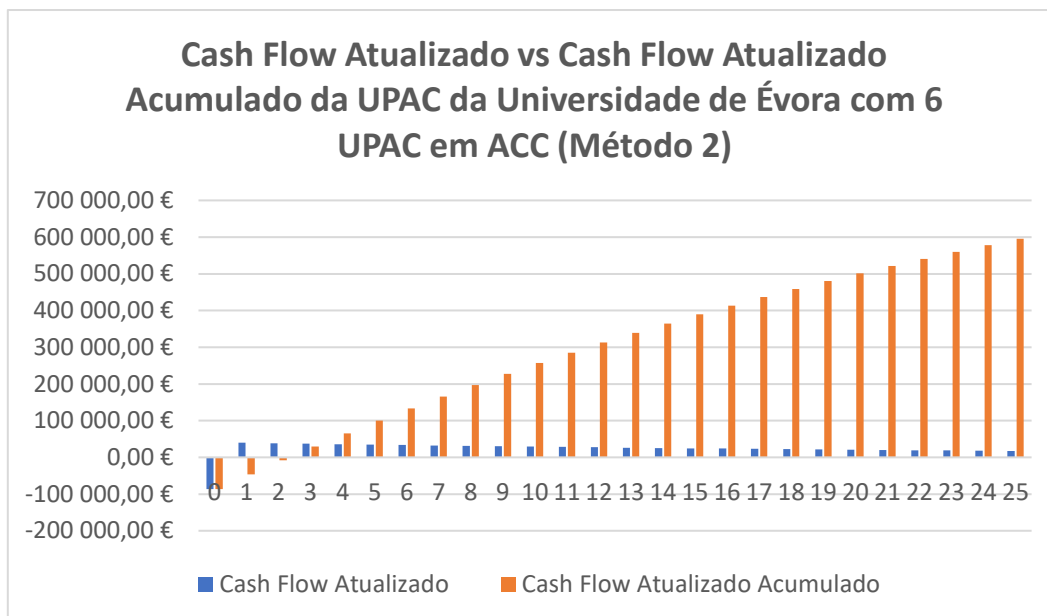


Figura 102- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 2)

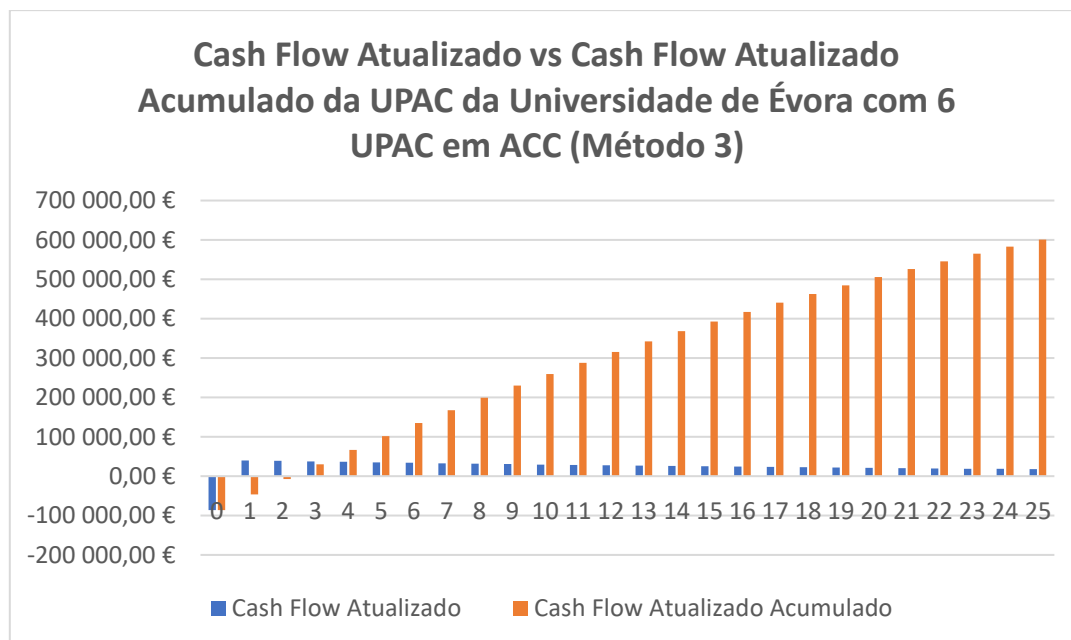


Figura 103- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 3)

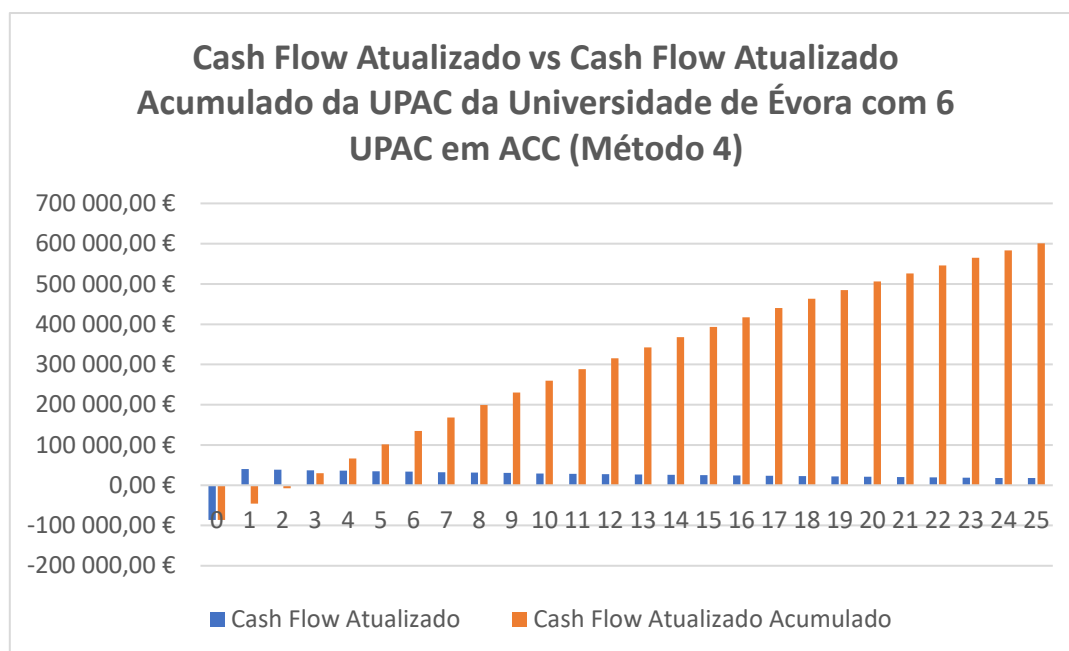


Figura 104- Cash Flow Atualizado vs Cash Flow Atualizado Acumulado da UPAC da Universidade de Évora com 6 UPAC em ACC (Método 4)