



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Diogo Ferreira Jorge

**AUTOCONSUMO COLETIVO ENVOLVENDO
EDIFÍCIOS ESCOLARES E DE SERVIÇO
PÚBLICO**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, do ramo de especialização em Energia orientada pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge e apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

setembro de 2023

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Autoconsumo Coletivo Envolvendo Edifícios Escolares e de Serviço Público

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no ramo de especialização em Energia

Dissertação de Mestrado

Autor

Diogo Ferreira Jorge

Orientador

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Júri

Presidente **Professora Doutora Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins**

Orientador **Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge**

Vogal **Professor Doutor Pedro Manuel Gens de Azevedo de Matos Faia**

Coimbra, setembro, 2023

Existirão obstáculos. Existirá quem duvide. Existirão erros. Mas com trabalho duro, não
haverá limites.

Michael Phelps

Agradecimentos

Bem, que jornada...6 anos de aprendizagens, 6 anos de luta, mas sobretudo 6 anos de crescimento pessoal.

Quero agradecer a todas as pessoas com quem me cruzei neste percurso, e que de uma forma ou outra ajudaram-me a concluí-lo com sucesso.

Quero agradecer ao Prof. Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, pela orientação nesta dissertação, com diversas sugestões e conselhos dados nas várias etapas do trabalho, demonstrou ser sempre uma pessoa muito disponível e empática, o que facilitou imenso a realização deste trabalho.

Quero agradecer aos meus amigos e colegas João Alves, Henrique Silva, Leandro Pata, Sérgio Vaz e sobretudo ao Ricardo Rodrigues por alinhar nas maluqueiras todas durante esta caminhada e pela ajuda prestada durante a mesma, facilitaram e muito as coisas.

Agradeço à minha família, que esteve sempre lá desde o início com uma palavra de incentivo. Aos meus pais, o grande pilar desta vida, que nunca deixaram que nada me faltasse, que nunca duvidaram de mim e sempre acreditaram que seria possível chegar ao seu término, mesmo quando duvidei de mim (e não foram poucas vezes).

Menciono também os meus amigos de infância que sempre estiveram lá para o que fosse preciso e com os quais passava bons bocados e abstraía-me do mundo, para vocês Rafael Alexandre, Inês Fernandes, Andreia Silvério, Pedro Francisco, Bernardo Pires, David Pereira, o meu obrigado!

Por fim, o meu irmão Bernardo Jorge, aquele ser que tem a capacidade de alegrar qualquer casa, a minha companhia de sempre e para sempre, contigo tudo fica mais fácil!

Acabo este percurso de sorriso rasgado e ansioso pelo que se adivinha!

Consegui!!

Resumo

A transição energética é cada vez mais uma urgência, com o principal objetivo de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Nesse sentido, as energias renováveis têm-se destacado como uma alternativa limpa e sustentável para a geração de energia elétrica. Através do autoconsumo coletivo consegue-se gerar energia elétrica, proveniente de fonte renovável, próximo do local de consumo de forma descentralizada, distribuindo-a localmente por várias instalações de consumo, de forma justa e coerente pelos membros da comunidade. Para isso, é necessário desenvolver modelos para definir coeficientes de partilha de energia, que determinam a quantidade de energia a entregar a cada participante na comunidade.

Na presente dissertação foram desenvolvidos e testados diversos modelos de partilha de energia do excesso de produção de uma ou várias Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) instaladas na comunidade. Modelos baseados em dinâmismos que têm em conta o consumo dos participantes, a produção das UPAC e os excedentes de energia dos edifícios já com as necessidades de consumo satisfeitas.

No caso de estudo desta dissertação considera-se constituição de uma Comunidade de Energia Renovável (CER), a partir da instalação em dois edifícios escolares de uma UPAC, em cada um dos edifícios, incluindo-se nessa CER também quatro edifícios autárquicos situados nas proximidades dos dois edifícios escolares. Foram feitas simulações usando os perfis de consumo dos seis edifícios previamente selecionados para a constituição da CER (2 escolas e 4 edifícios autárquicos), considerando diversas potências de painéis fotovoltaicos a instalar. Foram definidos quatro modelos de partilha de energia: dois dos quais indicados no regulamento do autoconsumo coletivo, sendo que um deles usa o método de repartição com coeficientes fixos e o outro usa o método em que os coeficientes são proporcionais ao consumo de cada participante. Os outros dois métodos foram desenvolvidos nesta dissertação, sendo um modelo híbrido, que usa as duas variantes anteriores para a geração dos coeficientes de repartição de energia, e o outro modelo que tem em conta uma repartição dinâmica de energia.

No modelo de repartição fixo, é atribuída uma quantidade de energia fixa a cada participante, já no modelo de repartição proporcional ao consumo, a distribuição de energia é feita tendo em conta o consumo de cada participante. Nos modelos híbrido e dinâmico desenvolvido nesta dissertação, o raciocínio da partilha de energia é feito de modo a distribuir de forma o mais equitativa e justa possível

os excedentes das produções UPAC pelos participantes, minimizando a injeção de energia na rede pública, ou seja, junta o melhor de cada um dos modelos anteriores (fixo - boa equidade na partilha; proporcional - boa utilização da energia a partilhar).

Tendo em conta os resultados obtidos, foi possível concluir que o modelo que distribui a energia de forma mais equitativa é o modelo dinâmico de partilha de energia, uma vez que garante uma maior equidade na repartição de energia efetivamente utilizada por cada participante, para qualquer dos três valores usados como potência a instalar nas UPAC.

Contudo, todos os modelos de repartição têm vantagens e desvantagens dependendo das características da comunidade de energia onde se apliquem, pelo que é preciso ter em conta diversos fatores, como por exemplo, o consumo dos participantes e a produção instalada na mesma.

Palavras-chave: Autoconsumo; Autoconsumo Coletivo; Coeficientes de partilha de energia; Comunidades de Energia Renovável.

Abstract

The energy transition is increasingly urgent, with the main objective of reducing dependence on fossil fuels and reducing greenhouse gas emissions. In this sense, renewable energies have stood out as a clean and sustainable alternative for generating electrical energy. Through collective self-consumption, it is possible to generate electrical energy, from a renewable source, close to the place of consumption in a decentralized manner, distributing it locally across various consumption facilities, in a fair and coherent manner among the members of the community. To achieve this, it is necessary to develop models to define energy sharing coefficients, which determine the amount of energy to be delivered to each participant in the community.

In this dissertation, several models for sharing energy from excess production from one or more Production Units for Self-Consumption (UPAC) installed in the community were developed and tested. Models based on dynamism that consider participants consumption, UPAC production and energy surpluses in buildings with consumption needs already met.

In the case study of this dissertation, the constitution of a Renewable Energy Community (CER) is considered, based on the installation of a UPAC in two school buildings, in each of the buildings, including four municipal buildings located nearby of the two school buildings. Simulations were carried out using the consumption profiles of the six buildings previously selected for the creation of the CER (2 schools and 4 municipal buildings), considering different powers of photovoltaic panels to be installed. Four energy sharing models were defined: two of which are indicated in the collective self-consumption regulations, one of which uses the distribution method with fixed coefficients and the other uses the method in which the coefficients are proportional to the consumption of each participant. The other two methods were developed in this dissertation, one being a hybrid model, which uses the two previous variants to generate energy distribution coefficients, and the other model that considers a dynamic energy distribution.

In the fixed distribution model, a fixed amount of energy is allocated to each participant, whereas in the consumption-proportional distribution model, energy distribution is made considering the consumption of each participant. In the hybrid and dynamic models developed in this dissertation, the energy sharing reasoning is done in order to distribute the surpluses of UPAC productions among the participants in the most equitable and fair way possible, minimizing the injection of energy into

the public grid, that is, together the best of each of the two previous models (fixed - good equity in sharing; proportional - good use of the energy to be shared).

Considering the results obtained, it was possible to conclude that the model that distributes energy more equitably is the dynamic energy sharing model, as it guarantees greater equity in the distribution of energy effectively used by each participant, for any of the three values used as power to be installed in UPACs.

However, all distribution models have advantages and disadvantages depending on the characteristics of the energy community where they are applied, meaning that several factors must be considered, such as the participants consumption and the production installed there.

Keywords: Self-consumption; Collective self-consumption; Energy sharing coefficients; Renewable Energy Community.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Lista De Siglas	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Enquadramento e Objetivos.....	2
1.3. Estrutura do documento	2
2. Estado de arte	3
2.1. Transição Energética	3
2.2. Autoconsumo.....	4
2.2.1. Autoconsumo Individual	5
2.2.2. Autoconsumo Coletivo.....	6
2.3. Comunidade de Energia Renovável	11
2.4. Modos de partilha de energia em autoconsumo coletivo	14
2.4.1. Modelo de partilha de energia fixo ou estático	14
2.4.2. Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo	14
2.4.3. Modelo de partilha de energia segundo uma hierarquia	14
2.4.4. Modelo de partilha de energia dinâmico	15
2.5. Direitos e Deveres do Autoconsumidor.....	15
2.6. Direitos e Deveres do Produtor	16
2.7. Tarifas Energéticas	19
2.7.1. Tarifas no Mercado Liberalizado e Regulado	20
2.7.2. Tarifas de Acesso às Redes	21
2.7.3. Tarifas de Energia	23
2.7.4. Tarifas de Comercialização	23
2.7.5. Tarifas de Venda a Clientes Finais Regulados.....	24
2.8. Tarifas aplicáveis à unidade de produção para autoconsumo.....	24
2.8.1. Estrutura das tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP	25
2.8.2. Metodologia de cálculo das tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP	26
3. Modelos de partilha de energia	27
3.1. Modelo 1 - Modelo de partilha de energia fixo ou estático.....	27
3.2. Modelo 2 - Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo.....	29
3.3. Modelo 3 - Modelo híbrido de partilha de energia.....	30
3.4. Modelo 4 - Modelo dinâmico de partilha de energia.....	33
4. Descrição do caso de estudo.....	35
4.1. Caracterização do ambiente de simulação.....	35
4.1.1. Caracterização das instalações de produção.....	35
4.1.2. Caracterização das instalações de consumo	37

5.	Análise da aplicação dos modelos de partilha.....	41
5.1.	M1 - Modelo de partilha de energia fixo ou estático.....	41
5.2.	M2 - Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo.....	44
5.3.	M3 - Modelo híbrido de partilha de energia.....	46
5.3.1.	Percentagem de 50% da energia a distribuir em cada iteração	46
5.3.2.	Percentagem de 100% da energia a distribuir na primeira iteração	49
5.4.	M4 - Modelo dinâmico de partilha de energia	51
5.5.	Análise comparativa dos resultados para diferentes potências instaladas	54
5.6.	Análise comparativa dos diversos modelos.....	58
6.	Conclusões e Trabalhos futuros	61
6.1.	Conclusões.....	61
6.2.	Trabalhos futuros	62
	Referências Bibliográficas	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Exemplo de um esquema de ligação de Autoconsumo Individual, ligado à RESP [19].	6
Figura 2.2. Autoconsumo Coletivo através de rede interna.	7
Figura 2.3. Autoconsumo Coletivo através da RESP.	8
Figura 2.4. Proximidade entre UPAC e IC, em Baixa Tensão (BT) [4].	9
Figura 2.5. Proximidade entre UPAC e IC, com ligação ao mesmo Posto de Transformação (PT) [4].	9
Figura 2.6. Proximidade entre UPAC e IC em MT, AT e MAT [4].	9
Figura 2.7. Exemplos de esquemas de ligação de autoconsumo coletivo [19].	11
Figura 2.8. Diferentes setores de atividade que podem constituir uma CER [4].	11
Figura 2.9. Estrutura do preço de fornecimento de eletricidade no mercado liberalizado [16].	21
Figura 2.10. Estrutura do preço de fornecimento de eletricidade no mercado regulado [16].	21
Figura 2.11. Tarifas reguladas incluídas na Tarifa de Venda a Clientes Finais [16].	24
Figura 2.12. Aplicação da tarifa [4].	25
Figura 3.1. Fluxograma do modelo de partilha de energia fixo.	28
Figura 3.2. Fluxograma do modelo de partilha de energia proporcional ao consumo.	30
Figura 3.3. Fluxograma do modelo híbrido de partilha de energia.	32
Figura 3.4. Fluxograma do modelo dinâmico de partilha de energia.	34
Figura 4.1. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 80 kWp.	36
Figura 4.2. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 100 kWp.	37
Figura 4.3. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 120 kWp.	37
Figura 4.4. Diagrama anual de potência média e máxima da Escola 1.	38
Figura 4.5. Diagrama anual de potência média e máxima da Escola 2.	38
Figura 4.6. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 1.	39
Figura 4.7. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 2.	39
Figura 4.8. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 3.	40
Figura 4.9. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 4.	40
Figura 5.1. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.	42

Figura 5.2. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.	42
Figura 5.3. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.	43
Figura 5.4. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.	43
Figura 5.5. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.	44
Figura 5.6. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.	45
Figura 5.7. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.	45
Figura 5.8. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.	46
Figura 5.9. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1.	47
Figura 5.10. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1.	47
Figura 5.11. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1.	48
Figura 5.12. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha de híbrido 1.	48
Figura 5.13. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.	49
Figura 5.14. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.	50
Figura 5.15. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.	50
Figura 5.16. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.	51
Figura 5.17. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.	52
Figura 5.18. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.	53
Figura 5.19. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.	53
Figura 5.20. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 120 kWp.	55
Figura 5.21. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 100 kWp.	55

Figura 5.22. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 80 kWp.	55
Figura 5.23. Desvio padrão em relação à energia efetivamente utilizada entre os 4 edifícios, para cada mês, para cada modelo a uma produção de 120 kWp.....	60
Figura 5.24. Distribuição da energia não utilizada percentual em cada mês, para cada modelo a uma produção de 120 kWp.....	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Condições para o exercício da atividade de produção de energia renovável [20].	13
Tabela 5.1. Energia efetivamente utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.	56
Tabela 5.2. Energia não utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.	56
Tabela 5.3. Energia efetivamente utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.	57
Tabela 5.4. Energia não utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.	57
Tabela 5.5. Energia não utilizada relativa total de energia disponível, para 120 kWp.	57
Tabela 5.6. Energia efetivamente utilizada relativa total de energia disponível, para 120 kWp.	57
Tabela 5.7. Distribuição de energia não utilizada percentual, para cada modelo e por mês. ...	59

LISTA DE SIGLAS

- AC– Autoconsumo Coletivo
- AT– Alta Tensão
- BT– Baixa Tensão
- BTE– Baixa Tensão Especial
- BTN– Baixa Tensão Normal
- CER – Comunidade de Energia Renovável
- CIEG – Custos de Interesse Económico Geral
- DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
- EGAC – Entidade Gestora do Autoconsumo Coletivo
- ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
- IC – Instalação de consumo participante em autoconsumo
- IPr– Instalação de produção de eletricidade para autoconsumo
- MAT– Média Alta Tensão
- MT – Média Tensão
- ORD – Operador de Rede de Distribuição
- ORT – Operador de Rede de Transporte
- PT – Posto de Transformação
- PPEC – Plano de Promoção da Eficiência no Consumo
- PRE – Produtor em Regime Especial
- PRR – Plano de Recuperação e Resiliência
- RESP – Rede Elétrica de Serviço Público
- RARI – Regulamento de Acesso às Redes e às Interligações
- RND – Rede Nacional de Distribuição
- RRC – Regulamento de Relações Comerciais
- RT – Regulamento Tarifário
- RNT – Rede Nacional de Transporte
- SEN – Sistema Elétrico Nacional
- TAR – Tarifa de Acesso às Redes
- TOLMC – Tarifa de Operação Logística de Mudança de Comercializador
- TURD – Tarifa de Uso da Rede de Distribuição

TURT– Tarifa de Uso da Rede de Transporte

TUGS – Tarifa de Uso Global do Sistema

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

A evolução da sociedade tem estado intimamente ligada à energia e à sua grande capacidade de influenciar o progresso. Nos tempos primórdios o ser humano dependia de energia mecânica, obtida da força humana ou animal. Contudo, a partir da revolução industrial, a eletricidade emergiu como uma fonte de energia impulsionadora do desenvolvimento tecnológico e crescimento económico. Com o passar dos anos, esta tornou-se um bem essencial para a sociedade moderna, tendo interferência em áreas como, iluminação, comunicação e transporte, entre outras. Em contrapartida, uma boa parte da eletricidade é gerada a partir de combustíveis fósseis, cuja utilização emite dióxido de carbono na atmosfera, agravando o efeito estufa na mesma. Desta forma, existe uma necessidade crescente de investir nas energias renováveis para a mitigação destes referidos problemas, pois estas são obtidas a partir de fontes naturais e infinitas, sendo uma alternativa sustentável por não libertarem emissões com o seu uso.

Nesse sentido, a preocupação crescente com a descarbonização da atividade humana tem levado a União Europeia (UE), a estabelecer diretrizes que encorajam o uso de fontes de energia renovável. De modo a atenuar esse crescimento desmedido da utilização de combustíveis fósseis, a EU aprovou um pacote de medidas que tem como objetivos dar prioridade a essas mesmas energias provenientes de fonte renovável. Este pacote tem por base garantir uma maior eficiência de ponto de vista energético e ambiental, assegurando que tanto as oportunidades da transição energética como os custos do sistema elétrico são partilhados de forma justa e equitativa por todos. Com o intuito de estar na vanguarda da transição energética, Portugal estabeleceu metas para 2030, definidas no âmbito do Plano Nacional de Energia-Clima para o horizonte 2021-2030, nomeadamente alcançando uma quota de 47% de energia provenientes de fonte renovável no consumo final bruto em 2030, promovendo a disseminação da produção descentralizada. De modo a atingir esse propósito é necessário que no setor elétrico, as energias renováveis contribuam com pelo menos 80% para produção de eletricidade [1].

Desta forma, o governo português desenvolveu regulamentação baseada na Diretiva Europeia 2018/2001, que reflete a importância da utilização de energias de fontes renováveis, frisando a

crescente importância do autoconsumo, seja ele individual ou coletivo, e da constituição das Comunidades de Energia Renovável.

1.2. Enquadramento e Objetivos

A presente dissertação incide sobre a constituição de uma Comunidade de Energia Renovável (CER), a partir da instalação de uma UPAC em duas escolas secundárias, às quais se associam quatro edifícios autárquicos situados nas proximidades. Com base nos excedentes das UPAC, nos perfis de consumo dos 4 edifícios e nos modelos de partilha de excedentes de energia desenvolvidos foram realizadas simulações considerando várias potências a instalar na UPAC.

O objetivo principal neste trabalho foi desenvolver modelos de coeficientes de partilha de energia, que permitam uma distribuição mais eficaz e equitativa dos excedentes de energia, resultantes da produção feita pelas UPAC instaladas nas escolas. Na comunidade de energia renovável, com recurso ao Autoconsumo Coletivo (AC), pretende-se que haja maior equidade na distribuição da energia excedentária e uma otimização na utilização de excedentários por edifícios participantes.

Com esta dissertação pretende-se dar resposta a perguntas como as seguintes:

- Como otimizar a maximização da utilização da produção em consumo local, evitando injetar energia na rede pública?
- Que tipo de modelos de repartição geram maior equidade na distribuição de energia numa CER?

1.3. Estrutura do documento

Esta dissertação é composta por 6 capítulos. Neste primeiro capítulo, começa-se por uma breve introdução ao tema e apresentação dos objetivos, seguida de uma abordagem ao estado de arte no capítulo segundo. No capítulo terceiro aborda-se os modelos de repartição de energia implementados no regulamento do autoconsumo coletivo e também novos modelos desenvolvidos e evidenciados através de fluxogramas. No capítulo quarto descreve-se o caso de estudo presente na dissertação e mais tarde, no capítulo quinto, analisam-se os resultados obtidos a partir de simulações feitas para diferentes potências instaladas. Por fim no capítulo sexto descreve-se uma breve conclusão onde se referem as ideias gerais aqui desenvolvidas e aborda-se o trabalho futuro.

2. ESTADO DE ARTE

Neste capítulo realiza-se uma contextualização teórica onde é fornecida uma visão abrangente e atualizada do panorama de geração de energia a partir de fontes renováveis, dos vários tipos de autoconsumo existentes, da transição energética que enfrentamos, da constituição de comunidades de energia renovável e da legislação que estas acarretam. Também se faz uma atualização do contexto atual europeu e português e por fim, aborda-se o todo o relacionamento comercial inerente às comunidades e os sujeitos que nela intervêm.

2.1. Transição Energética

Com a crescente consciencialização sobre os impactos ambientais negativos relacionados com o uso de fontes de energia fósseis, bem como pela necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar as mudanças climáticas, está a ser impulsionada uma transição energética que consiste essencialmente na mudança dos meios de produção de eletricidade e na redução do consumo de energia de fontes não renováveis, como petróleo, carvão e gás natural, passando a usar cada vez mais fontes de energia renovável, como a energia solar, eólica, hídrica, entre outras.

A transição energética envolve mudanças significativas em muitos setores, incluindo transporte, construção, indústria e agricultura, requer investimentos significativos em infraestrutura e tecnologia, bem como em políticas públicas e em regulamentação que incentivem a adoção de fontes de energia renovável. Embora possa ser um desafio, também representa uma oportunidade para a criação de empregos e a promoção de um futuro mais sustentável. Governos, empresas e indivíduos têm um papel importante a desempenhar nessa mudança de paradigma e nessa perspetiva, existe o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, onde se apresenta uma análise detalhada do caminho que Portugal deve seguir para se tornar um país mais sustentável, investindo em fontes de energia renovável, eletrificação dos transportes e eficiência energética em edifícios, indústrias e transportes. Além disso, é também destacado a importância na mudança da cultura empresarial e nos padrões de consumo da sociedade, para que haja uma maior consciência e responsabilidade em relação à sustentabilidade, incluindo mudanças nos hábitos alimentares, como por exemplo, na adoção de dietas mais saudáveis e sustentáveis [2].

Tendo em vista a transição energética, o governo português inclui medidas para a transição energética em direção a uma economia mais sustentável. Algumas das principais ações planeadas para a transição energética incluem:

- Aumento da produção de eletricidade com base em fontes de energia renovável em Portugal, tendo como meta alcançar os 80% até 2030.
- Promover a eficiência energética em edifícios e em transportes.
- Acelerar a mobilidade elétrica e o transporte público, incluindo a eletrificação dos transportes ferroviários.
- Promover a economia circular e a redução do consumo de recursos naturais, incluindo medidas para promover a reciclagem e a reutilização de materiais.
- Desenvolver e implementar um plano nacional de adaptação às alterações climáticas.
- Apostar na produção renovável offshore, consolidando e alargando o cluster industrial associado ao setor eólico.
- Fomentar o armazenamento de eletricidade gerada a partir de fontes renováveis.
- Fomentar a digitalização do sistema energético e o desenvolvimento de redes elétricas inteligentes, criando melhores condições para o aumento significativo da eletrificação dos consumos dos diferentes setores de atividade.
- Implementar investimentos de 715 milhões de euros previstos no Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) no âmbito da descarbonização da indústria.
- Implementar investimentos de 185 milhões de euros previstos no PRR no âmbito do hidrogénio e gases renováveis, incluindo a criação de uma rede de postos de abastecimento a hidrogénio.

Em suma, é um processo complexo e desafiador, onde se apresenta uma oportunidade única para o desenvolvimento sustentável do país e para a mitigação dos impactos negativos das mudanças climáticas, estabelecendo objetivos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a participação do país em iniciativas internacionais de mitigação das mudanças climáticas [3].

2.2. Autoconsumo

O Decreto-Lei nº15/2022, de 14 de janeiro, estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional. A secção XIII deste decreto-lei regula a produção descentralizada de energia elétrica através do uso de tecnologias renováveis para autoconsumo, designadas por Unidades

de Produção para Autoconsumo. Esta regulamentação é essencial para cumprir as metas ambiciosas definidas no Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, definidas por Portugal de modo a estar na vanguarda da transição, que inclui alcançar 47% de energia provenientes de fontes renováveis no consumo final bruto em 2030. A promoção e disseminação das Comunidades de Energia Renovável e do Autoconsumo Coletivo são fundamentais para cumprir essas metas [5].

O Decreto-Lei nº15/2022 cumpre a Diretiva (UE) 2018/2001, suprimindo obstáculos legais e criando condições para soluções inovadoras, tanto do ponto de vista económico como social, aproveitando as novas oportunidades tecnológicas e assim promovendo e facilitando o autoconsumo de energia e na criação de comunidades de energia [6].

O autoconsumo consiste no consumo de energia elétrica produzida por uma ou mais UPAC e por um ou mais autoconsumidores de energia renovável. O Decreto-Lei nº 15/2022, de janeiro, garante ao consumidor final o direito de se tornar autoconsumidor, produzindo a sua própria energia a partir de fontes renováveis, nas suas instalações, de acordo com as condições estabelecidas na legislação. A partir deste documento legal, o autoconsumidor também é capaz de armazenar ou vender a energia elétrica produzida, através de mercados de eletricidade, o que inclui mercados organizados e contratos bilaterais, diretamente ou através de terceiros, desde que não constitua a sua principal atividade comercial ou profissional [6].

A prática de autoconsumo, através de UPAC, independente do nível de tensão das Instalação de consumo participante em autoconsumo (IC), pode ser exercida da forma que se apresenta a seguir.

2.2.1. Autoconsumo Individual

O autoconsumo individual é aquele que corresponde à produção de energia elétrica de fonte renovável, no próprio local de instalação, para consumo nessa mesma instalação, tendo a unidade de produção e a instalação de utilização o mesmo titular. Esta energia pode ser armazenada ou vendida, desde que não constitua a principal atividade económica do consumidor. O autoconsumo tem a virtude de aproveitar recursos endógenos (renováveis) e minimizar a utilização dos recursos do sistema elétrico (as redes de transporte e distribuição, as perdas associadas) [4].

O proprietário desta instalação tem os seguintes direitos:

- Manter contrato de fornecimento e a escolha do comercializador.
- Opção de venda dos excedentes de energia.
- Isenção total de tarifas de acesso às redes, na energia produzida e autoconsumida dentro da IC.

No entanto, o mesmo proprietário também tem algumas obrigações, de onde se destacam as seguintes:

- Licenciar e garantir instalação por entidade credenciada.
- Suportar eventuais encargos com contadores de consumo e produção.
- Pagar as tarifas de acesso às redes, associadas ao consumo da rede faturado.

Dentro de várias vantagens do autoconsumo individual destacam-se a capacidade do proprietário conseguir reduzir a sua dependência energética da rede elétrica convencional e assim reduzir os seus custos de energia, bem como estar menos suscetível a ser afetado pelas oscilações dos preços de venda de eletricidade, pois produz a sua própria eletricidade.

O autoconsumo individual permite ao autoconsumidor não só produzir e consumir energia produzida, mas também a possibilidade de a armazenar em baterias, ou vender através da injeção da mesma na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

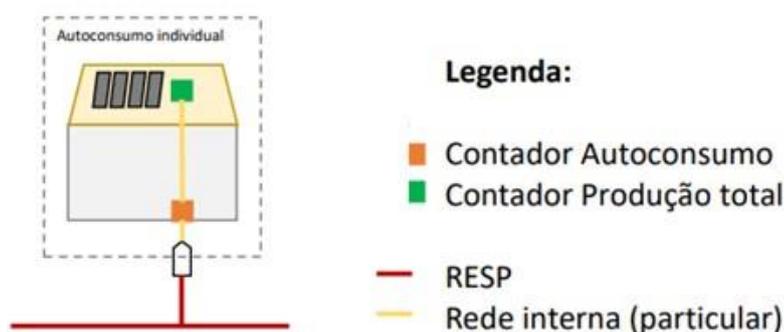


Figura 2.1. Exemplo de um esquema de ligação de Autoconsumo Individual, ligado à RESP [19].

2.2.2. Autoconsumo Coletivo

O autoconsumo coletivo, é aquele que corresponde à produção de energia elétrica de fonte renovável numa ou mais IPr ligadas a mais de uma IC da RESP ou através de uma rede interna.

A proximidade entre as UPAC e as IC constitui um requisito para o exercício da atividade da produção para autoconsumo. De acordo com o Decreto-Lei nº 15/2022, de 14 de janeiro, entendem-se abrangidas pelo conceito de proximidade as UPAC e as IC ligadas por:

Rede Interna: a rede de serviço particular, instalada dentro de espaço confinado e com contiguidade geográfica, composta por um conjunto de linhas interligadas e demais instalações elétricas auxiliares destinadas à veiculação da energia oriunda de UPAC ou instalações de

armazenamento para uma ou mais IC associadas ao autoconsumo, podendo ter uma interligação elétrica com a RESP [4].

Os autoconsumidores que aderirem ao autoconsumo coletivo em rede interna possuem os seguintes direitos:

- Manter, individualmente, os contratos de fornecimento e a escolha do comercializador.
- Definir a percentagem de partilha da produção por cada participante.
- Opção de venda dos excedentes de energia.
- Isenção total de tarifas de acesso às redes, na energia produzida e autoconsumida.

Em contrapartida têm as seguintes obrigações:

- Definir um participante ou entidade independente como responsável.
- Licenciar e garantir instalação por entidade credenciada.
- Suportar eventuais encargos com contadores de consumo e produção.
- Contrato de fornecimento para a UPAC.
- Pagar as tarifas de acesso às redes, associadas ao consumo da rede faturado.



Figura 2.2. Autoconsumo Coletivo através de rede interna.

Operem através da RESP: a energia é consumida na IC e produzida numa Instalação de produção de eletricidade para autoconsumo (IPr) interligada através da RESP.

Os autoconsumidores que aderirem ao autoconsumo coletivo com ligação à RESP possuem os seguintes direitos:

- Manter, individualmente, os contratos de fornecimento e a escolha do comercializador.
- Definir a percentagem de partilha da produção por cada participante.
- Opção de venda dos excedentes de energia.

- Eventual isenção total de tarifas de acesso às redes, na energia produzida e autoconsumida.

Em contrapartida têm as seguintes obrigações:

- Definir um participante ou entidade independente como responsável.
- Licenciar e garantir instalação por entidade credenciada.
- Suportar eventuais encargos com contadores de consumo e produção.
- Contrato de fornecimento para a UPAC.
- Pagar as tarifas de acesso às redes, associadas ao consumo da rede faturado e à energia produzida e autoconsumida.



Figura 2.3. Autoconsumo Coletivo através da RESP.

Entendem-se abrangidas pelo conceito de proximidade as UPAC e IC ligadas por rede interna ou através da RESP nos diferentes níveis de tensão, na medida em que cumpram uma das seguintes condições:

- Quando, no caso de UPAC ligada (s) à rede de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão (BT), a IC e a UPAC não distem entre si mais de 2 quilómetros de distância geográfica [4].

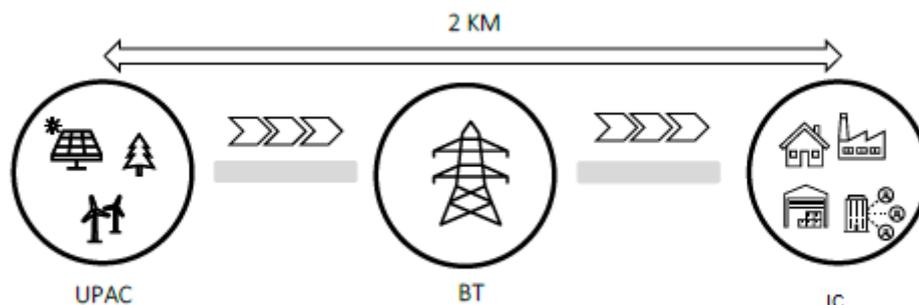


Figura 2.4. Proximidade entre UPAC e IC, em Baixa Tensão (BT) [4].

Ou, em alternativa, estejam ligadas ao mesmo posto de transformação em baixa tensão.

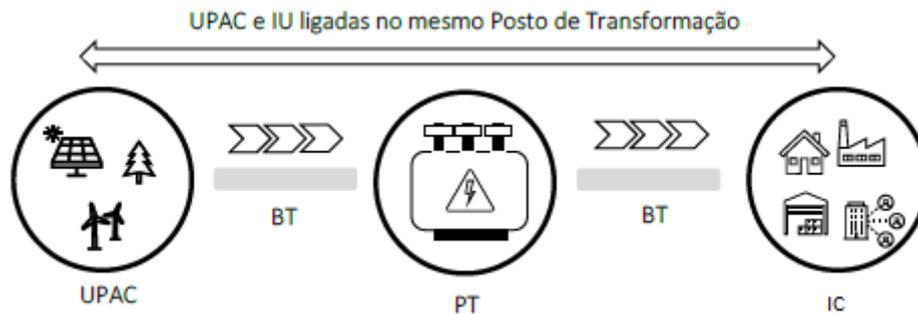


Figura 2.5. Proximidade entre UPAC e IC, com ligação ao mesmo Posto de Transformação (PT) [4].

- Estejam ligadas na mesma subestação, no caso de UPAC ligadas à RND e à RNT, desde que não seja ultrapassada a distância geográfica entre as UPAC e as IC de 4 quilómetros no caso de ligação em MT, de 10 quilómetros nas ligações em AT e de 20 quilómetros nas ligações MAT [4].

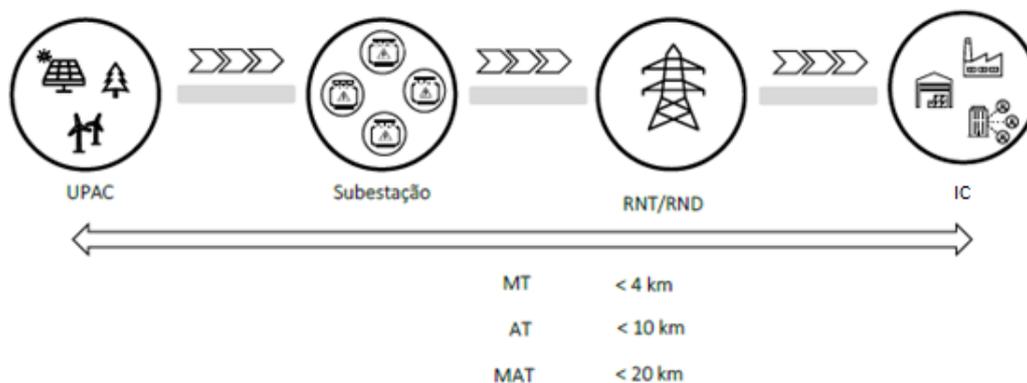


Figura 2.6. Proximidade entre UPAC e IC em MT, AT e MAT [4].

No contexto de **partilha de energia** no autoconsumo coletivo, a Entidade Gestora do Autoconsumo Coletivo (EGAC) tem um papel importante na coordenação e gestão do relacionamento comercial entre comercializadores e as IC que os fornecem. Deve-se nomear este órgão técnico devidamente qualificado, encarregue da prática de atos de gestão operacional da atividade, incluindo gestão da rede interna, a ligação à RESP e articulação com os respetivos operadores, nomeadamente na partilha de produção e definição dos respetivos coeficientes de partilha de energia das UPAC e

armazenamentos pelas IC participantes, e no relacionamento comercial a adotar para os excedentes, podendo representar o autoconsumidor por outras entidades. Este também tem acesso aos dados detalhados de consumo e produção, celebra contratos com o comercializador (para compra de energia), com ORD (para pagamento de tarifas de acesso à rede) e com o comercializador/agregador (para venda de excedentes) [4].

Em resumo, o papel da EGAC é essencial para assegurar a operação segura e eficiente do sistema elétrico, garantindo o acesso equitativo à rede elétrica a todos os autoconsumidores que constituem a comunidade, de acordo com as normas e regulamentos aplicáveis. Esta tem também como objetivo garantir a segurança e a eficiência da rede elétrica, minimizando os riscos de sobrecarga ou falhas no sistema [4].

Em termos legislativos e regulamentares, ao autoconsumidores que participem numa comunidade regem-se por um documento denominado por Regulamento Interno, que é elaborado por cada EGAC e tem de conter pelo menos a seguinte informação obrigatória:

- Requisitos de acesso de novos membros.
- Saída de membros existentes.
- Modo de partilha de energia elétrica produzida para autoconsumo.
- Pagamento das tarifas devidas (quando aplicável).
- Destino dos excedentes do autoconsumo.
- Política de relacionamento comercial a dotar e, se for caso disso, a aplicação da respetiva receita.

A ideia central é permitir a partilha de energia entre vários consumidores que se associam para investir e manter a UPAC, distribuindo a produção de energia entre eles. Se a UPAC não estiver ligada a uma rede particular que também esteja conectada às IC, a partilha de energia será feita por meio da rede pública e, nesse caso, estará sujeita ao pagamento das tarifas de acesso às redes. É importante que as instalações de uso possuam um sistema de medição inteligente e que todas as IC tenham o mesmo nível de tensão. [21].

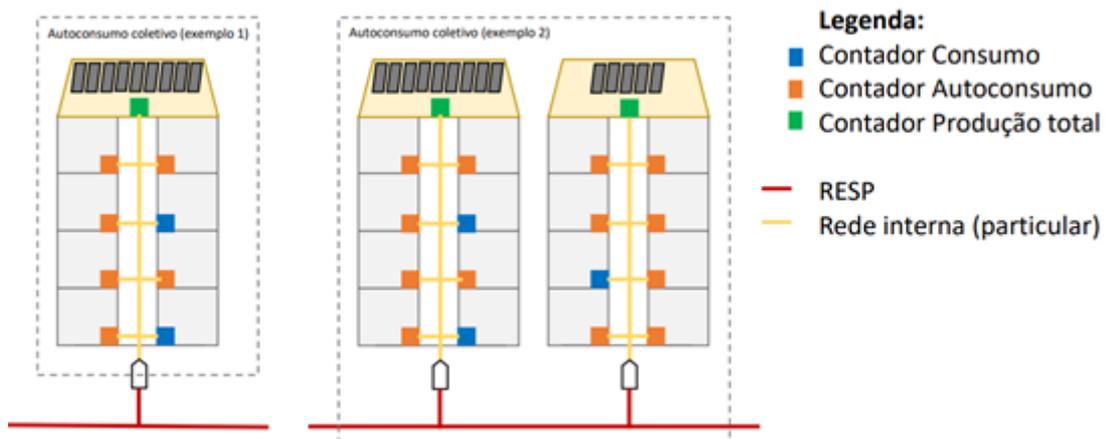


Figura 2.7. Exemplos de esquemas de ligação de autoconsumo coletivo [19].

2.3. Comunidade de Energia Renovável

Uma CER é uma pessoa coletiva, formada mediante adesão livre e voluntária dos seus membros, sócios ou acionistas, os quais podem ser pessoas singulares ou coletivas, de natureza pública ou privada, incluindo, nomeadamente, pequenas e médias empresas ou autarquias locais, por estes controlada e que, cumulativamente [4]:

- Os membros ou participantes estejam localizados na proximidade dos projetos de energia renovável da respetiva comunidade de energia, incluindo necessariamente UPAC.
- Os referidos projetos sejam detidos e desenvolvidos pela CER ou por terceiros, desde que em benefício e ao serviço daquela.
- A CER tenha por objetivo principal propiciar aos membros ou às localidades onde opera a comunidade, benefícios ambientais, económicos e sociais em vez de lucros financeiros.



Figura 2.8. Diferentes setores de atividade que podem constituir uma CER [4].

Tanto a CER como o AC têm a capacidade de:

- Produzir, consumir, armazenar, comprar e vender energia renovável com os seus membros ou com terceiros.
- Partilhar e comercializar entre os seus membros a energia renovável produzida por UPAC ao seu serviço, com observância dos outros requisitos previstos, sem prejuízo de os membros da CER manterem os seus direitos e obrigações enquanto consumidores
- Aceder a todos os mercados de energia, incluindo de serviços de sistema, tanto diretamente como através de agregação.

Além de cumprir os termos referidos antes, a CER é inteiramente responsável pelos desvios à programação que provocar no Sistema Elétrico Nacional (SEN) nos termos definidos no Regulamento de Operação das redes, podendo transferir essa responsabilidade a um agregador ou ao seu representante designado. A CER deve também admitir a saída de qualquer dos seus participantes, sob condição de cumprimento das obrigações a que esteja vinculado [4].

De forma resumida encontram-se abaixo algumas vantagens e desvantagens da constituição das comunidades de energia renovável:

Vantagens:

- **Sustentabilidade:** as comunidades de energia renovável são capazes de diminuir a dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para diminuir as emissões de gases de efeito estufa e promovendo um desenvolvimento sustentável.
- **Economia:** conseguem reduzir custos de eletricidade a longo prazo, dado que os membros constituintes da comunidade podem partilhar os custos de investimento e manutenção das instalações de energia renovável.
- **Autonomia energética:** as comunidades podem ajudar a promovê-la, reduzindo a dependência da rede elétrica centralizada e aumentando a autonomia das instalações de consumo em caso de interrupções na rede elétrica.
- **Inclusão social:** as comunidades podem ajudar a promover a inclusão social, permitindo a pessoas de diferentes classes sociais participem de forma igualitária na produção e distribuição de energia.

Desvantagens:

- **Custo inicial:** as comunidades de energia renovável geralmente necessitam de investimentos iniciais elevados em equipamentos e instalações.
- **Dependência climática:** dependem da intermitência das fontes de energia renovável como sol, vento, entre outras.

- **Regulamentação:** as comunidades enfrentam desafios legais complexos, que variam de acordo com a legislação local e as políticas governamentais.
- **Manutenção constante:** as instalações de energia renovável requerem manutenção regular, o que representa um desafio para várias comunidades.

A aplicação do conceito CER, tem como objetivo principal a produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável para autoconsumo dos participantes, com custos inferiores aos do mercado de energia tradicional, além de contribuir para o cumprimento de metas ambientais. Em comparação com o autoconsumo coletivo, a principal diferença da CER é a gestão feita por uma entidade composta pelos membros da comunidade e outros participantes em autoconsumo. No autoconsumo coletivo, a gestão é limitada ao grupo de autoconsumidores e é administrada por um regulamento interno [20].

A gestão de toda a energia consumida e produzida por uma CER representa um grande desafio para o Operador de rede, sendo necessário a implementação de sistemas de contagem inteligentes. Para cumprir essa tarefa, é necessária a instalação obrigatória de contadores inteligentes capazes de realizar a contagem dos dados de consumo e produção de energia a cada 15 minutos. A potência a ser instalada varia de acordo com o consumo de energia dos vários elementos que compõem a CER. Além disso, a instalação está sujeita a várias condições para a produção de energia renovável [20]. Estas condições podem variar consoante a potência instalada e dividem-se em 4 categorias, como se pode ver na tabela 2.1.

Tabela 2.1. Condições para o exercício da atividade de produção de energia renovável [20].

Potência Instalada	Requerimentos
$P \leq 350 \text{ W}$	<ul style="list-style-type: none"> • Sem controlo prévio.
$350 \text{ W} < P \leq 30 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Mera comunicação prévia (MCP).
$30 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ MW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Registo prévio para a instalação da UPAC. • Parecer do Operador da rede em caso de injeção na RESP. • Certificado de exploração.
$P > 1 \text{ MW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Licença de produção e de exploração. • Prévia atribuição da capacidade de reserva em caso de injeção na RESP $> 1 \text{ MW}$.

Além destas condições jurídicas, é importante denotar que também existem outras condições a nível técnico, que são necessárias ter em conta, como por exemplo a instalação de proteções de

interligação/homopolar para efeitos de ligação à rede para UPAC com uma potência instalada superior a 250 kW [20].

2.4. Modos de partilha de energia em autoconsumo coletivo

O Decreto-Lei n. °15/2022, de 14 de janeiro, estabelece, no artigo 87.º, os possíveis modos de partilha de energia em autoconsumo coletivo, concretamente, através de quatro modelos [22]:

- Modelo de partilha de energia fixo ou estático.
- Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo.
- Modelo de partilha de energia segundo uma hierarquização.
- Modelo de partilha de energia dinâmico.

2.4.1. Modelo de partilha de energia fixo ou estático

O modelo de repartição fixa ou estática consiste principalmente na definição do modo de partilha de energia para os participantes na CER com valores fixos ao longo do tempo. Estes valores são imutáveis, pelo que a energia é dividida pelos membros participantes da comunidade, independentemente do seu consumo. Desta forma, embora simples de implementar, o modelo não se adapta às variações de consumo dos membros, o que pode originar excedentes de energia não utilizada por cada membro, que acaba por ser injetada na rede, mesmo havendo membros ainda com consumo por satisfazer.

2.4.2. Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo

O modelo de repartição de energia proporcional ao consumo de cada membro, ou seja, será atribuída maior quantidade de energia aos membros que tenham maior consumo, em comparação com os membros que tenham menor consumo. Este tipo de modelo consegue garantir a maximização da utilização de energia produzida na comunidade de energia, contribuindo para que haja um menor número de períodos em que ocorre excedente de energia na comunidade, só existindo excedente se todos os participantes tiverem as suas necessidades de consumo totalmente satisfeitas.

2.4.3. Modelo de partilha de energia segundo uma hierarquia

De modo geral, a partilha tendo em conta uma hierarquia que consiste no pré-estabelecimento de aplicação de regras de partilha diferenciadas por grupos de consumidores. Pode ser abordada a partilha prioritária da energia, em que se atribui energia produzida pelos participantes segundo uma

ordem previamente estabelecida e comunicada ao operador de rede pela EGAC. Desta forma, a partilha de energia não tem como critério a equidade entre todos os seus membros, visto que se atribui prioridade a uns membros em detrimento de outros [22].

2.4.4. Modelo de partilha de energia dinâmico

O modelo de partilha dinâmica de energia é estabelecido como forma de otimizar os fluxos de energia entre as instalações em autoconsumo coletivo, e atribui à Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) responsabilidades de regulamentação. A partir desta modelo a EGAC, define os coeficientes de partilha integrando, em cada período, os fluxos energéticos reais medidos. Desta forma, a EGAC tem liberdade total para gerir a partilha de energia entre instalações participantes que integrem o autoconsumo coletivo, implementando os critérios de atribuição de energia que forem definidos pelos próprios membros [22].

2.5. Direitos e Deveres do Autoconsumidor

Tendo como base o Decreto-Lei n. °15/2022 no regime de Autoconsumo de CER, são direitos do autoconsumidor [5]:

- Instalar uma ou mais UPAC.
- Estabelecer e operar linhas diretas quando não exista acesso à rede pública e estabelecer e operar redes internas, nos termos do decreto-lei mencionado.
- Consumir, na(s) IC associada(s) à ou às UPAC, a eletricidade produzida ou armazenada em instalações próprias.
- Transacionar a energia excedente da produção para autoconsumo, através dos mercados de eletricidade, nomeadamente mercados organizados, contratos bilaterais ou de regime de comercialização entre pares, diretamente ou através de terceiros.
- Suportar tarifas e encargos proporcionais e não discriminatórios, designadamente, que não excedam os respetivos custos.
- Operar instalações de armazenamento, associadas à UPAC ou à IC ou autónomo, sem que estas sejam sujeitos a qualquer duplicação de encargos, incluindo encargos de acesso à rede para a eletricidade armazenada que se circunscreve às suas instalações.
- Solicitar a emissão de garantias de origem relativas à eletricidade excedente produzida por UPAC e injetada na rede.

- Manter os seus direitos e obrigações enquanto consumidor de eletricidade e de autoconsumidor.
- Aceder à informação disponibilizada na área da plataforma eletrónica da DGEG reservada ao autoconsumidor para controlo do seu perfil de produção e consumo de energia e poder autorizar o acesso à mesma por terceiros.
- Cessar a atividade de autoconsumo.

Em contrapartida, são deveres do autoconsumidor [5]:

- Obter título de controlo nos termos definidos no Decreto-Lei n.º 15/2022.
- Suportar o custo das alterações da ligação da IC à RESP, nos termos da regulamentação aplicável.
- Suportar, quando existam, os encargos de ligação à RESP de UPAC e dos sistemas específicos de gestão dinâmica, nos termos da regulamentação aplicável.
- Suportar as tarifas em vigor sempre que haja utilização da RESP.
- Dimensionar a UPAC de forma a garantir a maior aproximação possível da energia elétrica produzida à quantidade de energia elétrica consumida, minimizando o excedente.
- Prestar à entidade legalmente incumbida da fiscalização da atividade de produção em autoconsumo todas as informações e dados técnicos, designadamente os dados relativos à eletricidade produzida por UPAC, que lhe sejam solicitados.
- Permitir facilitar o acesso às UPAC ao pessoal técnico das entidades referidas na alínea anterior, do agregador e do operador de rede, no âmbito e para o exercício das respetivas atribuições, competências, ou direitos consagrados contratualmente.
- Assegurar que os equipamentos de produção instalados se encontram certificados.
- Cessada a atividade de autoconsumo, adotar os procedimentos necessários para a remoção da UPAC, demais sistemas de gestão, equipamentos e instalações auxiliares, quando existam.

2.6. Direitos e Deveres do Produtor

Tendo como base o Decreto-Lei n.º 15/2022, no regime de Autoconsumo de CER, são direitos do produtor [5]:

-
- Instalar o centro electroprodutor, a UPAC ou a instalação de armazenamento nos termos estabelecidos na licença de produção.
 - Vender energia elétrica em mercados organizados ou através de contratos bilaterais e comprar energia elétrica até ao limite da capacidade de injeção definida na licença de produção.
 - Estabelecer e explorar linhas diretas para o abastecimento de eletricidade a clientes finais quando o mesmo não possa ser efetuado através da RESP ou quando for técnica e economicamente mais vantajoso para o SEN, de acordo com a avaliação feita pela entidade licenciadora da instalação elétrica.
 - Entregar a eletricidade produzida a entidade legalmente incumbida de adquirir a eletricidade de fonte renovável, contra o pagamento da remuneração garantida de que beneficie o centro electroprodutor, quando aplicável.
 - Entregar a eletricidade produzida, a um agregador ou comercializador, contra o pagamento de remuneração a um preço livremente determinado entre as partes.
 - Vender capacidade de armazenamento a terceiros.

Em contrapartida, são deveres do produtor [5]:

- Cumprir o disposto na licença de produção.
- Obter as licenças, autorizações ou pareceres que ao abrigo de legislação setorial aplicável sejam necessárias à instalação e funcionamento do centro electroprodutor, da UPAC ou da instalação de armazenamento, que não tenham instruído o pedido de licença de produção.
- Comunicar à DGEG e ao respetivo operador da rede a conclusão da instalação do centro electroprodutor, da UPAC ou da instalação de armazenamento.
- Requerer a emissão da licença de exploração dentro do prazo estabelecido na licença de produção.
- Iniciar a exploração do centro electroprodutor, da UPAC ou da instalação de armazenamento no prazo fixado na licença de produção ou, na falta deste, no prazo previsto no presente decreto-lei.
- Manter e explorar o centro electroprodutor, a UPAC ou a instalação de armazenamento conforme as melhores práticas industriais.
- Cumprir todas as disposições legais e regulamentares em vigor, designadamente as constantes dos regulamentos aprovados pela ERSE.

- Enviar à DGEG e à ERSE os dados informativos referentes ao funcionamento e à exploração do centro electroprodutor, da UPAC ou da instalação de armazenamento, nos seguintes termos: até ao dia 15 de cada mês, os dados referentes ao mês anterior; até ao final do mês de março de cada ano, os dados anuais referentes ao ano civil anterior.
- Construir e manter atualizado o seguro de responsabilidade civil exigido nos termos do presente decreto-lei.
- Permitir e facilitar o acesso às suas instalações por parte das entidades competentes para efeitos da verificação da disponibilidade do centro electroprodutor ou da instalação de armazenamento.
- Comunicar previamente à entidade licenciadora, que informa o operador da RESP, a realização de quaisquer alterações ao centro electroprodutor, à UPAC ou à instalação de armazenamento que não estejam sujeitas à obtenção de nova licença de produção.
- Instalar e manter em boas condições de funcionamento os canais de comunicação e os equipamentos com as características indicadas pelo gestor global do SEN e que permitam em contínuo a partilha de informação entre este e o centro electroprodutor, a UPAC ou a instalação de armazenamento.
- Instalar e manter em boas condições de funcionamento, em centros electroprodutores ou instalações de armazenamento com potência instalada superior a 1MW e nas UPAC que prevejam injetar excedentes superiores a 1MVA na RESPA, os canais de comunicação e os equipamentos com as características indicadas pelo gestor global do SEN, que permitam o ajustamento da potência ativa injetada na RESP sempre que por este lhes seja comunicada instrução.
- Cumprir todas as instruções de despacho emitidas pelo gestor global do SEN.
- Manter na instalação, devidamente organizado e atualizado, um arquivo contendo todos os documentos e registos relevantes respeitantes ao processo de licenciamento da produção, nomeadamente todas as licenças, autorizações e pareceres emitidos nesse âmbito, o projeto aprovado, os relatórios de vistoria e os demais elementos pertinentes, em condições de poderem ser disponibilizados para acesso e consulta da informação por parte das entidades fiscalizadoras e demais entidades intervenientes no processo de licenciamento.

2.7. Tarifas Energéticas

Num sistema de energia elétrico, toda a parte de operação de redes de transporte e distribuição de energia elétrica gera custos de rede, sendo estes uma parte essencial dos custos de funcionamento do sistema. As redes de transporte e distribuição, permitem que a eletricidade chegue aos locais onde esta é necessária, de forma segura, fiável e sustentável e mantê-las com bons níveis de fiabilidade e de eficiência, mas isso gera custos. Os custos com operação, manutenção, investimentos, perdas de energia e encargos setoriais, associados a essas redes, são compensados pela aplicação de tarifas de acesso às redes.

É importante ressaltar que os custos de rede são uma parte importante do custo total da fatura de energia elétrica, e podem variar significativamente dependendo da região e do tipo de consumidor, estando também relacionados à qualidade do serviço prestado pelas empresas de distribuição de energia, incluindo a confiabilidade e a segurança da rede.

O cálculo e a fixação das tarifas aplicáveis às diversas atividades são da competência da ERSE e obedecem aos seguintes princípios [5]:

- Transparência na formulação e fixação das tarifas.
- Variabilidade das tarifas, designadamente em função dos períodos horários, da natureza da fonte primária de produção de eletricidade e do tipo de instalação.
- A eficiência económica na afetação dos recursos para a realização das atividades reguladas.
- A sustentabilidade económico-financeira das atividades reguladas e, simultaneamente, a proteção dos clientes.
- A aplicação de tarifas e preços em condições de equidade.
- A estabilidade tarifária.
- A uniformidade e a convergência tarifária, a nível nacional.
- A inexistência de subsidias cruzadas entre atividades e entre clientes, adequando as tarifas aos custos provocados na utilização do sistema e adotando o princípio da aditividade tarifária.
- A partilha justa entre empresas reguladas e clientes dos resultados alcançados nas atividades sujeitas a regulação por incentivos.
- A promoção de uma regulação económica que permita às empresas reguladas o desempenho das suas atividades de uma forma economicamente eficiente, respeitando

os padrões de qualidade de serviço aplicáveis e os níveis adequados de segurança na produção, no transporte e na distribuição de energia elétrica.

- Contribuição para a promoção da eficiência energética e da qualidade ambiental.

A fixação das demais tarifas e preços de venda a clientes finais praticados pelos comercializadores em regime de mercado deve ter em conta os princípios estabelecidos no ponto anterior, com as necessárias adaptações.

2.7.1. Tarifas no Mercado Liberalizado e Regulado

À medida que a eletricidade é transmitida através dos diversos segmentos do setor elétrico, surgem custos relacionados a cada uma das atividades reguladas, desta forma é necessário definir tarifas para cada uma dessas atividades reguladas do setor elétrico, determinadas de modo a proporcionar os proveitos permitidos dessas atividades. As atividades reguladas são as seguintes [16]:

- Gestão global do sistema.
- Transporte de energia elétrica.
- Distribuição de energia elétrica.
- Operação Logística da Mudança de Comercializador.
- Compra e venda de energia elétrica.
- Comercialização de energia elétrica.

O sistema tarifário é aditivo, na medida em que existe uma adição das tarifas em cima referidas para definição de preços finais, significando assim uma transparência, um tratamento não discriminatório e uma justiça do sistema tarifário.

Genericamente, o preço final de fornecimento de eletricidade pago pelo consumidor é dividido em três parcelas: redes, energia e impostos. O valor das redes representa o montante relacionado com as infraestruturas que transportam a energia elétrica desde a sua produção até ao consumidor final. O valor da energia está, por sua vez, relacionado com o custo de energia elétrica que é consumida. Por último, os impostos englobam os diversos tipos de tributação pelo poder governativo [16].

Os consumidores do mercado liberalizado têm de pagar tarifas reguladas apenas pela parcela das redes, nomeadamente a tarifa de Uso Global do Sistema, a tarifa de Uso da Rede de Transporte, a tarifa de Uso da Rede de Distribuição e a tarifa de Operação Logística de mudança de Comercializador, que constituem as quatro, a tarifa de Acesso às Redes. Em relação à parcela da energia esta é negociada de forma livre com o comercializador do mercado livre, enquanto a parcela

dos impostos é definida pelo Estado português. A figura que se segue esquematiza a formação do preço de fornecimento de eletricidade para o consumidor no Mercado Liberalizado, esclarecendo algumas etapas [16].

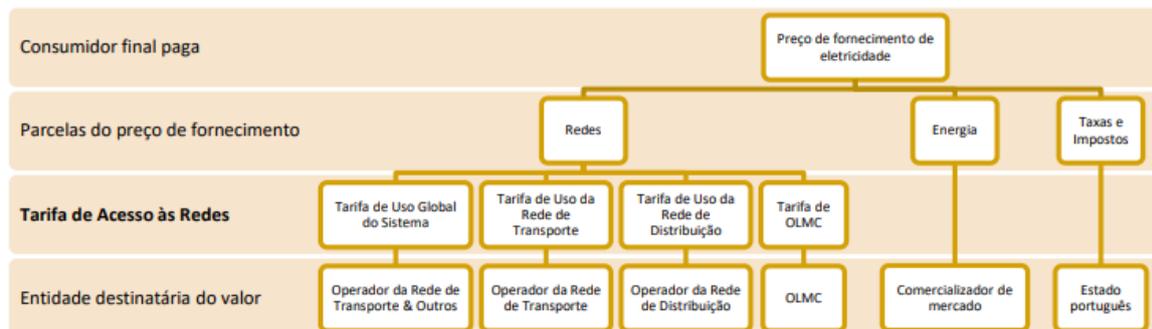


Figura 2.9. Estrutura do preço de fornecimento de eletricidade no mercado liberalizado [16].

Por outro lado, os consumidores no Mercado Regulado pagam tarifas reguladas tanto pela parcela das redes com também pela parcela da energia. Para além de pagar as mesmas tarifas pelas redes que um consumidor do mercado liberalizado, o consumidor do mercado regulado está também sujeito à tarifa de Energia e à tarifa de Comercialização, referentes à parcela de energia. A soma então das tarifas reguladas para as parcelas de redes e de energia é designada por tarifa de Venda a Clientes Finais. A figura que se segue esquematiza a estrutura do preço de fornecimento de eletricidade para o consumidor no Mercado Regulado, esclarecendo algumas etapas [16].

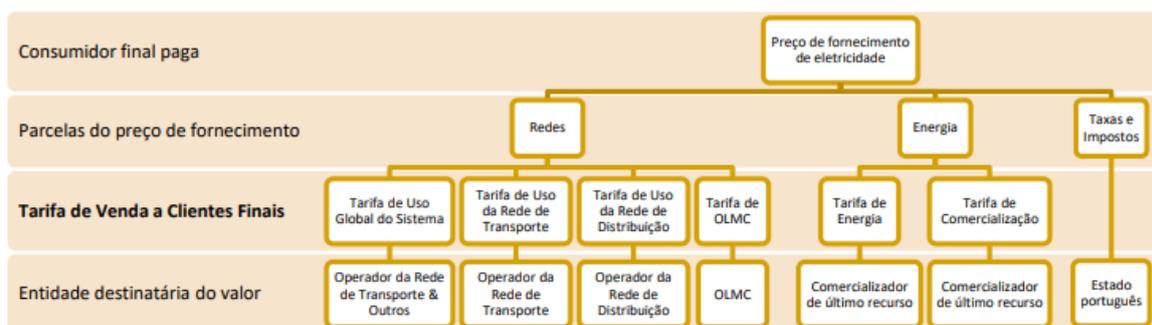


Figura 2.10. Estrutura do preço de fornecimento de eletricidade no mercado regulado [16].

2.7.2. Tarifas de Acesso às Redes

A Tarifa de Acesso às Redes (TAR) engloba dois principais custos: um referente às redes e outro referente ao Uso geral do sistema onde a principal componente está relacionada com CIEG.

A TAR reflete os gastos relativos com as infraestruturas responsáveis pelo transporte e pela distribuição da energia elétrica e resultam da adição das tarifas de Operação Logística de Mudança de Comercializador, Uso Global do Sistema, Uso da Rede de Transporte e Uso das Redes de

Distribuição. Este é um processo que vai desde a geração da eletricidade até ao consumidor final. O valor da tarifa de Acesso às Redes é fixado e definido anualmente pela ERSE [15] [16].

Em relação ao valor referente ao CIEG, está relacionado com questões como [15]:

- Custos da natureza ambiental.
- Custos com o Plano de Promoção da Eficiência no Consumo (PPEC) e de energia elétrica.
- Rendas de concessão pela distribuição em baixa tensão.
- Diferencial de custos com a aquisição de energia elétrica a Produtos em Regime Especial (PRE) mediante as fontes de energia renovável e não renovável (cogeração).
- Despesas dos anos anteriores que ainda precisam de ser recuperadas, entre outros.

A **Tarifa de Operação Logística de Mudança de Comercializador (TOLMC)** está relacionada com a operação logística de mudança de comercializador, ou seja, é uma taxa cobrada para cobrir os custos associados à troca de fornecedor de energia elétrica ou gás natural. O operador que facilita esta troca de comercializadores e que garante a transparência nos mercados de eletricidade e gás natural, é responsável por cobrar uma taxa que pode incluir custos como a leitura do contador, a atualização dos dados do consumidor e a comunicação com os fornecedores de energia. Foram implementadas assim tarifas, com um custo fixo dependente do nível de tensão e tipo de fornecimento [16].

A **Tarifa do Uso Global do Sistema (TUGS)**, tem como foco principal, proporcionar os proveitos da gestão global do sistema. Esta é aplicada pelo Operador de Rede de Transporte, ao Operador da Rede de Distribuição, em MT e AT e pelo Operador da Rede de Distribuição aos clientes nos mercados liberalizados e regulados [16].

Nesta tarifa estão implicados custos com a operação, manutenção e expansão do sistema, assim bem como custos de interesse ambiental, energético e de equilíbrio por parte de contratos estipulados [16].

A **Tarifa do Uso da Rede de Transporte (TURT)** é relativa à utilização da Rede Nacional de Transporte, o que engloba os custos de construção, operação e manutenção das redes de transporte em MAT e AT, e das suas interligações. Esta tarifa é efetuada a todos os que usarem a Rede Nacional de Transporte (RNT), mas com o valor da tarifa a variar de acordo com o nível de tensão utilizado, ou seja, um cliente que esteja conectado em MAT, irá pagar menos que um cliente que esteja conectado em AT [17].

Tendo em conta a legislação em vigor, que tem como objetivo uma busca pela padronização das tarifas em todo o território nacional, a TURT em MAT e AT será igual para todos os clientes [17].

Estas tarifas são compostas pelos preços que se seguem [16]:

- Preço de potência contratada, definido em euros por kW, por dia.
- Preço de potência em horas de ponta, definido em euros por kW, por dia.
- Preços de energia ativa, definidos em euros por kWh.
- Preços de energia reativa (indutiva e capacitiva), definidos em euros por kVArh.

A **Tarifa do Uso das Redes de Distribuição (TURD)** tem carácter semelhante à TURT, dado que também são padronizadas a nível nacional. Englobam de igual forma, os custos referentes à construção, operação e manutenção das redes de distribuição, mas nos níveis de tensão característicos, ou seja, em AT, MT e BT [16] [17].

Esta é composta pelos preços que se seguem [16]:

- Preço de potência contratada, definido em euros por kW, por dia.
- Preço de potência em horas de ponta, definido em euros por kW, por dia.
- Preços de energia ativa, definidos em euros por kWh.
- Preços de energia reativa (indutiva e capacitiva), definidos em euros por kVArh.

Funcionam de igual forma às TURT no caso de atividade, isto é, um consumidor nunca irá pagar o acesso à rede a jusante do ponto ao qual está ligado [17].

2.7.3. Tarifas de Energia

A Tarifa de energia é uma tarifa básica que consiste em preços de energia ativa e é dividida em quatro períodos: ponta, cheia, vazio normal e super vazio. Para os consumidores que estão no Mercado Regulado a tarifa de energia é regulada, ao contrário dos consumidores que estão no Mercado Liberalizado, onde os valores são negociados de forma livre com o comercializador. A finalidade desta tarifa é a recuperação dos custos associados à produção de energia elétrica [18].

2.7.4. Tarifas de Comercialização

Esta tarifa tenciona recuperar os custos associados à infraestrutura comercial do comercializador de último recurso, sendo estas entidades responsáveis por efetuar fornecimento de energia elétrica e gás natural, mediante aplicação de tarifas definidas pela ERSE. Esta é dividida por níveis diferentes para os diversos níveis de tensão [17].

A Tarifa de Comercialização é possível ser distinguida em três tipos [16]:

- Tarifa de Comercialização em AT/MT.
- Tarifa de Comercialização em BTE.
- Tarifa de Comercialização em BTN.

Conforme decorre do Regulamento Tarifário, a tarifa de Comercialização é composta pelos seguintes preços [16]:

- Termo tarifário fixo, definido em euros por dia.
- Preço de energia ativa, definido em euros por kWh.

2.7.5. Tarifas de Venda a Clientes Finais Regulados

As Tarifas de Venda a Clientes Finais representam o valor total a pagar pelo fornecimento de eletricidade no mercado regulado, excluindo as taxas e os impostos aplicados. A figura 2.11 identifica as tarifas reguladas incluídas na tarifa de Venda a Clientes Finais. No mercado liberalizado os valores referentes à energia e à comercialização são definidos por cada comercializador, enquanto o valor relativo ao acesso à rede é igual para clientes do mercado liberalizado e regulado [16].



Figura 2.11. Tarifas reguladas incluídas na Tarifa de Venda a Clientes Finais [16].

Para evitar a subsídio cruzada entre atividades e entre clientes, a tarifa de Venda a Clientes Finais deve seguir o princípio da aditividade tarifária e ser igual à soma direta das várias tarifas reguladas por atividade. A soma direta dos preços das várias tarifas reguladas aplicadas a um cliente do mercado regulado designa-se por tarifa aditiva [16].

2.8. Tarifas aplicáveis à unidade de produção para autoconsumo

A utilização da RESP para veicular energia elétrica entre a UPAC e a(s) IC é sujeita ao pagamento, pelo autoconsumidor ou pelas comunidades de energia, das tarifas de acesso às redes aplicáveis ao consumo no nível de tensão de ligação com a IC, deduzidas [4]:

- Das tarifas de uso das redes dos níveis de tensão a montante do nível de tensão de ligação da UPAC, quando exista injeção de energia a partir da rede pública a montante do nível de tensão de ligação da UPAC.

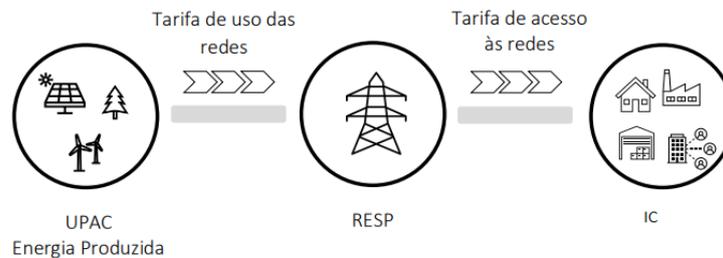


Figura 2.12. Aplicação da tarifa [4].

- De parte das tarifas de uso das redes dos níveis de tensão a montante do nível de tensão de ligação da UPAC, no montante a definir pela ERSE, quando exista inversão do fluxo de energia na rede pública para montante do nível de tensão de ligação da UPAC.

A tarifa de Acesso às redes é paga por todos os consumidores e representa o custo das infraestruturas e dos serviços utilizados por todos os consumidores de forma partilhada. Esta tarifa resulta da soma das tarifas de Uso Global do Sistema e de Uso da Rede de Transporte, de Uso da Rede de Distribuição e de Operação Logística e Mudança de Comercializador, todas fixadas pela ERSE. Em contrapartida, a utilização de rede internas que não envolvam a utilização da RESP para veicular energia elétrica entre UPAC e a IC não está sujeita a qualquer tarifa [4].

2.8.1. Estrutura das tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP

As entidades responsáveis pelo pagamento ao ORD das tarifas de Acesso às Redes relativas ao autoconsumo são as Entidades Gestoras do Autoconsumo Coletivo (EGAC, as quais estabelecem um contrato de uso de redes com o ORD, nos termos do RARI e do RRC), pressupondo que no autoconsumo coletivo gerido é feita utilização da RESP [4].

- Tendo como base o Regulamento do Autoconsumo da ERSE de 2021 [9], as tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP são compostas pelos seguintes preços:
 - a) Preços de potência em horas de ponta, definidos em Euros por kW, por mês.
 - b) Preços de energia ativa, definidos em Euros por kWh.

Além disso:

- Os preços mencionados no número anterior são discriminados de acordo com o Regulamento Tarifário (RT).
- As tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP são aplicadas no referencial da IC.
- O nível de tensão, ciclo de montagem e os períodos tarifários a considerar nas tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP coincidem com os das tarifas de acesso às redes aplicáveis ao consumo da IC fornecido por um comercializador.

2.8.2. Metodologia de cálculo das tarifas de acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP

Tendo como base o Regulamento do Autoconsumo da ERSE de 2021 [9]:

- As tarifas de Acesso às redes a aplicar ao autoconsumo através da RESP resultam das tarifas de Acesso às redes aplicáveis ao consumo deduzidas das tarifas de Uso das Redes dos níveis de tensão a montante do nível de tensão de ligação da UPAC, como definidas no RT.
- A ocorrência de situações de inversão do fluxo de energia na RESP para montante do nível de tensão de ligação da UPAC não é considerada para efeitos das tarifas de Acesso às redes referidas no número anterior.
- Às tarifas de Acesso às redes determinadas nos termos dos números anteriores são deduzidos encargos correspondentes aos CIEG do seguinte modo:
 - a) Nos termos da decisão do membro do Governo responsável pela área de energia prevista no n.º 4 do artigo 18.º do Decreto-Lei n.º 162/2019.
 - b) Na ausência de decisão do membro do Governo responsável pela área da energia, não se efetua qualquer dedução de encargos correspondentes aos CIEG.

3. MODELOS DE PARTILHA DE ENERGIA

No novo regulamento do autoconsumo coletivo estão definidos quatro modelos de repartição de energia, pelo que este capítulo apresenta uma abordagem a dois desses modelos de repartição de energia definidos: a chave de partilha de energia fixa ou estática e a chave de partilha de energia proporcional ao consumo. Ambos os modelos importantes nas suas funções, mas de certa forma ainda um pouco limitados no que toca à flexibilidade na forma como é feita a partilha de energia. Deste modo, desenvolveram-se neste capítulo, novos métodos de repartição de energia com o auxílio da ferramenta *matlab*, que têm em vista complementar os dois métodos aqui apresentados, com o intuito de se poder aproveitar de forma mais eficiente os excedentes de energia, maximizando a utilização de energia produzida dentro da comunidade e garantindo uma certa equidade na distribuição de energia pela comunidade. Desta forma, implementou-se um modelo híbrido com duas vertentes, que conjuga uma partilha fixa e uma partilha proporcional ao consumo, e um outro modelo dinâmico, onde ocorre uma alocação dinâmica da energia consoante as necessidades de cada consumidor.

3.1. Modelo 1 - Modelo de partilha de energia fixo ou estático

A chave de repartição fixa ou estática consiste essencialmente na definição do modo de partilha de energia para os participantes na CER com valores fixos ao longo do tempo, ou seja, a cada 15 minutos cada membro da comunidade é-lhe atribuída sempre a mesma percentagem de energia excedentária. Neste método, o ponto desfavorável é o facto de a energia alocada, segundo um valor fixo a cada membro da comunidade, poder não ser toda usada pelo membro, o que faz com que a comunidade não maximize a utilização de todo o excedente gerado e origine assim excedentes individuais para a rede pública que poderiam ter sido usados por outros participantes a quem lhes foi atribuída uma quantidade inferior às suas necessidades de consumo. Se o excedente de energia a distribuir pelos participantes for em proporções iguais, pode-se calcular a chave através da seguinte fórmula:

$$CPE_{fixo} = \frac{EXC}{n} \quad (3.1)$$

n – Número total de membros da comunidade

EXC – Excedente de energia proveniente da produção da CER

Se a EGAC da CER optar por atribuir diferentes percentagens a cada um dos seus membros, terá de elaborar uma lista que contenha as diferentes percentagens para cada membro de modo que o somatório das percentagens seja 100%.

Na figura 3.1 pode-se observar o fluxograma que esquematiza a distribuição de energia segundo coeficientes de partilha de energia fixos, o esquema consiste numa distribuição do excedente inicial pelos membros participantes na comunidade segundo percentagens pré-estabelecidas para cada membro. Está representado o ciclo que vai percorrer todos os consumidores presentes na comunidade, atribuindo, em cada período de 15 minutos e a cada membro, a energia excedentária da comunidade. Após a distribuição da energia pelos participantes é contabilizada a energia total não utilizada pela CER, dado pelo somatório das quantidades de energia não utilizada por cada membro e considerada como injetada na rede.

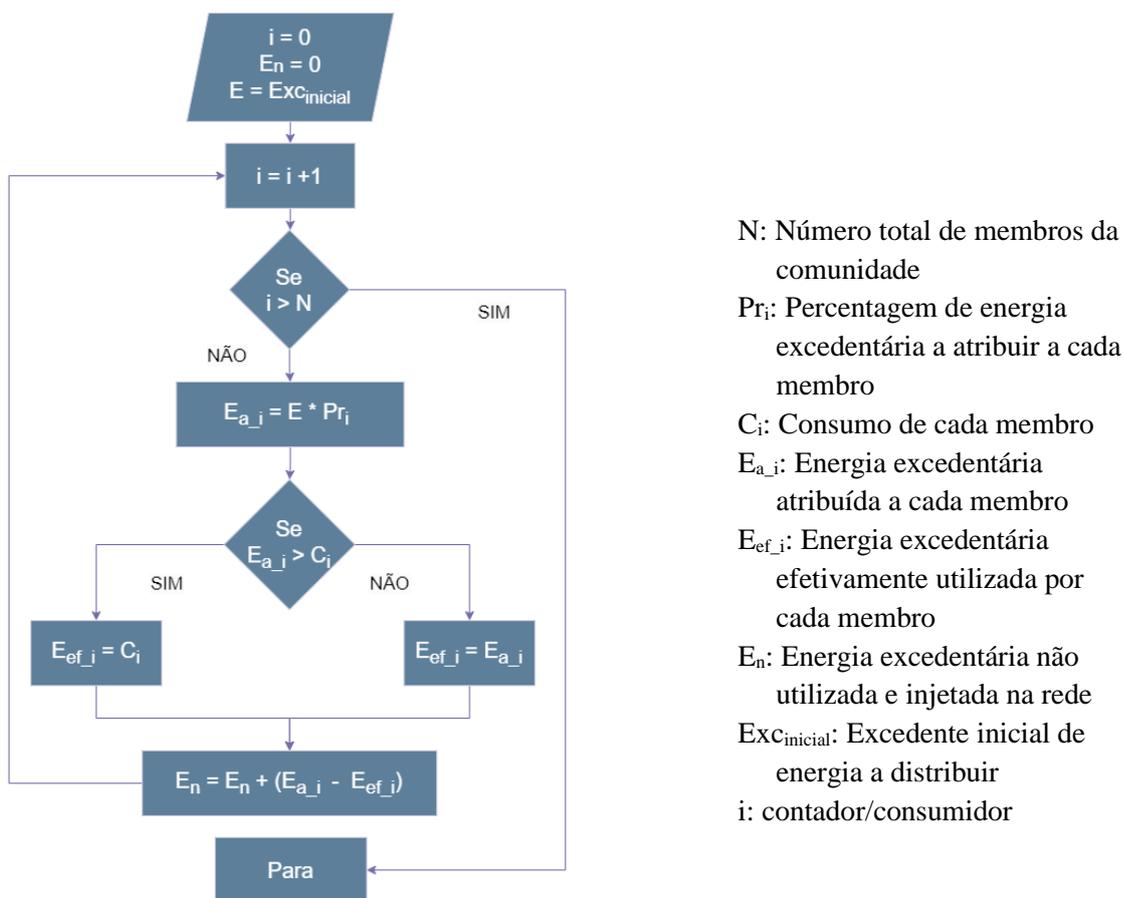


Figura 3.1. Fluxograma do modelo de partilha de energia fixo.

3.2. Modelo 2 - Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo

A chave de repartição de energia proporcional ao consumo, tem como base de cálculo o consumo de cada membro, ou seja, será atribuída maior quantidade de energia aos membros que tenham maior consumo, em comparação com os membros que tenham menor consumo. Este tipo de chave apresenta a importante vantagem de garantir a maximização da utilização de energia disponível na comunidade, em que só há geração de excedentes de energia para a rede quando o valor total da energia a distribuir é superior ao consumo total dos participantes na comunidade. Pode-se calcular a chave através da seguinte fórmula:

$$CPE_{proporcional} = \frac{C_i * EXC}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (3.2)$$

n – Número total de membros da comunidade

EXC – Excedente de energia proveniente da produção da CER

C_i – Consumo de um membro da comunidade

Na figura 3.2 pode-se observar um fluxograma que esquematiza a distribuição de energia tendo em conta o consumo de cada membro participante e consiste numa distribuição do excedente inicial pelos membros com base na proporcionalidade do seu consumo em cada período de 15 minutos, em relação ao consumo total de todos os membros. Apresenta-se também a soma total da energia não utilizada, que é considerada injetada na rede, que neste caso só existe quando todos os membros ficam com os seus consumos totalmente cobertos com a energia que lhes é distribuída.

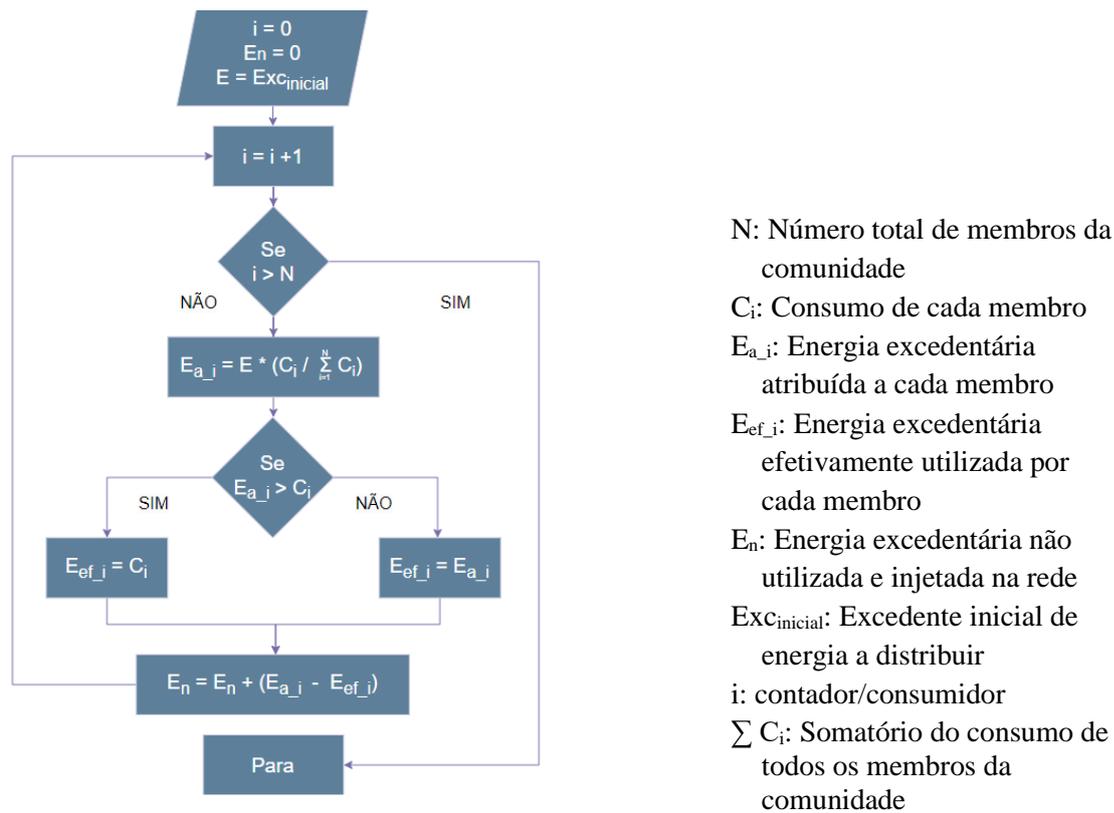


Figura 3.2. Fluxograma do modelo de partilha de energia proporcional ao consumo.

3.3. Modelo 3 - Modelo híbrido de partilha de energia

Neste modelo procura-se utilizar os dois modelos anteriormente utilizados de forma sequencial, ou seja, começa por utilizar o modelo de partilha de energia fixo e, numa segunda redistribuição, usa o modelo de partilha de energia proporcional. Garante-se assim uma melhor equidade e simultaneamente também se otimiza o uso da energia a distribuir, ou seja, através da aplicação sequencial destes dois modelos pretende-se atribuir uma maior quantidade de energia a membros que possuam um consumo mais baixo, face à quantidade de energia que recebam com aplicação do modelo apresentado em 3.2. Desta forma, a discrepância de energia atribuída, entre consumidores com maior e menor consumo, não é tão elevada.

Neste modelo pode definir-se uma percentagem (variável P_f) da energia global a distribuir na primeira iteração, usando o modelo de repartição fixa. Denotar que a escolha do valor a usar na primeira iteração está relacionado com a intenção de beneficiar mais ou menos os participantes que têm menor consumo, uma vez que quanto mais alta for a percentagem maior vai ser a energia atribuída na primeira iteração e assim menor quantidade de energia irá sobrar para a distribuição proporcional

ao consumo, usada na segunda iteração do modelo, que privilegia os membros que têm maior consumo.

Com a aplicação deste modelo procura-se evitar que participantes na comunidade com menor consumo recebam uma quantidade muito reduzida de energia, o que aconteceria com a aplicação do modelo de partilha proporcional ao consumo. Neste modelo híbrido, uma determinada percentagem da energia a distribuir é, numa primeira iteração, distribuída de forma igual por todos os participantes e depois numa segunda iteração, distribui-se, de forma proporcional ao consumo de cada membro ainda não satisfeito pela 1ª distribuição, a parte restante de energia não atribuída para a 1ª iteração acrescida dos eventuais excedentes individuais de energia geradas com aplicação da 1ª iteração.

O modelo esquematizado na figura 3.3, inicia-se com uma distribuição inicial da energia disponível na comunidade, por cada modo de repartição (fixo e proporcional ao consumo). Na primeira iteração:

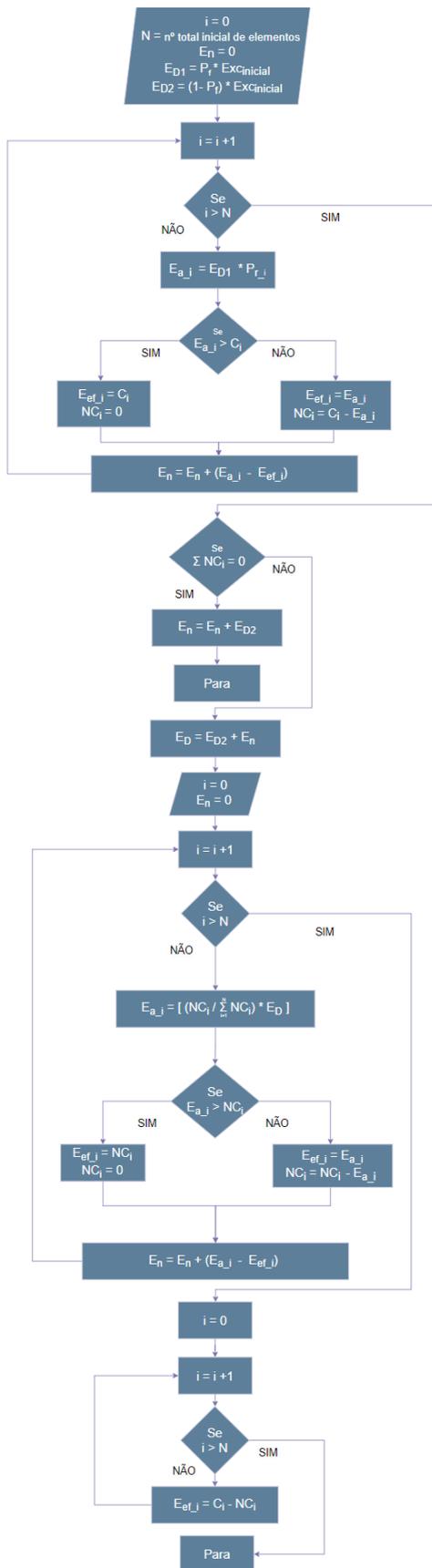
- é distribuída a energia atribuída para este ciclo, segundo percentagens fixas atribuídas a cada membro da comunidade,
- é calculada a energia eventualmente não utilizada por cada participante nesta iteração que resta dessa primeira iteração,
- são determinados os novos vetores de consumo, que resultam do consumo inicial subtraído da energia destituída na primeira iteração do modelo.

Na segunda iteração do modelo, distribuí a energia ainda disponível, resultante da soma da energia não usada na primeira iteração, por possíveis excedentes individuais que tenham sido criados, com a quantidade de energia que ficou inicialmente reservada para se atribuir na segunda iteração de repartição. De seguida procede-se à distribuição da energia de forma proporcional ao consumo ainda por satisfazer usando o novo vetor de consumo resultante da primeira iteração.

Durante o ciclo de distribuição de energia, usando o modelo proporcional ao consumo, é calculada a energia não utilizada pela comunidade, que corresponde ao valor final da energia excedentária injetada na rede pela comunidade.

No final, calcula-se a energia efetivamente utilizada por cada membro na comunidade, que resulta do cálculo da diferença entre o consumo inicial de cada membro e o consumo final ainda por satisfazer após aplicação do modelo híbrido de distribuição.

Para o presente modelo, realizaram-se dois casos particulares que irão ser abordados num capítulo mais adiante.



- N: Número total inicial de membros da comunidade
- Pf: Percentagem de energia excedentária estipulada
- Pr_i: Percentagem de energia excedentária a atribuir a cada membro
- C_i: Consumo de cada membro
- E_{a_i}: Energia excedentária atribuída a cada membro
- E_n: Energia excedentária não utilizada
- E_{ef}: Energia efetivamente utilizada por cada membro
- Exc_{inicial}: Excedente inicial de energia a distribuir
- i: contador/consumidor
- ∑ NC_i: Somatório dos novos consumos de todos os membros da comunidade
- E_{D1}: Excedente de energia a atribuir na 1ª iteração
- E_{D2}: Excedente de energia a atribuir na 2ª iteração
- E_D: Excedente de energia calculada que irá ser utilizada na 2ª iteração
- NC_i: Novo vetor de consumo

Figura 3.3. Fluxograma do modelo híbrido de partilha de energia.

3.4. Modelo 4 - Modelo dinâmico de partilha de energia

Procura-se neste modelo, esquematizado na figura 3.4, obter uma distribuição de energia de forma mais justa e equitativa possível, usando o modelo de partilha fixo, mas de forma iterativa. A energia disponível para distribuir é dividida em partes iguais pelos participantes e os excedentes individuais gerados pela partilha voltam a ser distribuídos em parte iguais pelos co-participantes ainda com consumo por satisfazer. O processo pára, quando já não houver sobrantes de energia ou quando todos tiverem os seus consumos garantidos.

Assim, os participantes recebem energia tendo em conta o seu consumo, mas evitando atribuições de energia muito dispares entre eles e com a redistribuição dos sobrantes evita-se a injeção de energia excedente na rede. Só existe excedente injetado na rede se todos os participantes ficarem sem necessidade de mais energia.

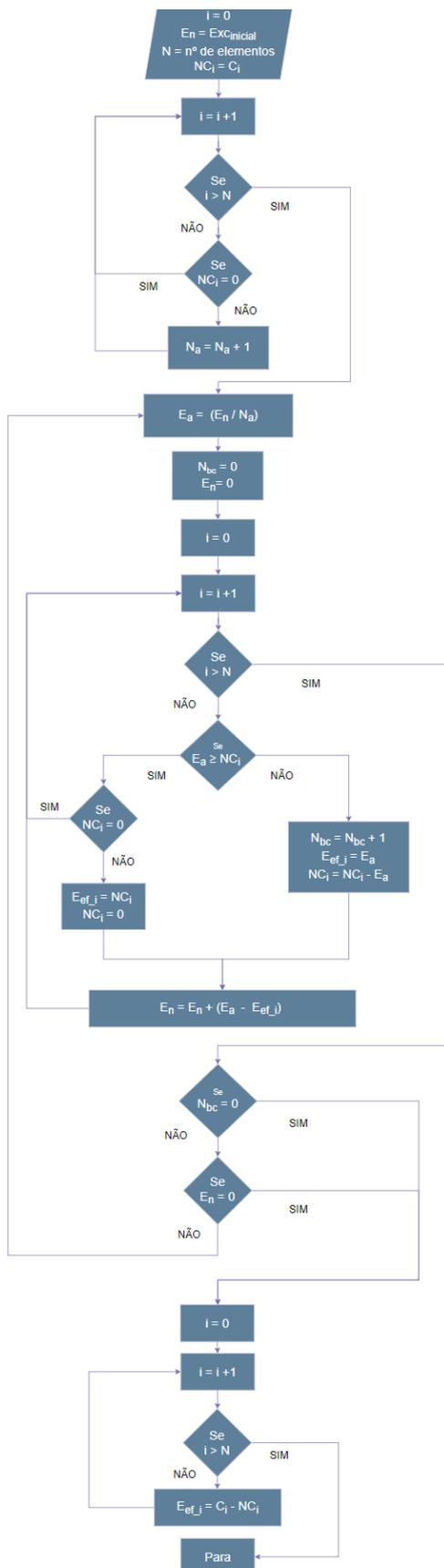
Sinteticamente, o modelo começa por definir a energia atribuída a cada membro da comunidade, de seguida tendo em conta a energia atribuída a cada membro e o seu consumo, é calculada a energia não utilizada correspondente à soma dos excedentes individuais dos consumidores a quem foi atribuída mais energia do que o seu consumo. Este valor de energia não utilizada vai ser distribuída novamente, mas desta vez apenas pelo número de consumidores que ainda não tenham as suas necessidades de consumo suprimidas, repetindo este processo até não haver mais energia para distribuir ou até não haver mais participantes com necessidades de consumo por satisfazer.

No primeiro ciclo de distribuição é feita uma contagem de participantes com consumo não nulo, e que desta forma podem integrar o modelo de repartição.

Na última iteração deste ciclo de distribuição o valor de energia excedentária resultante da soma dos excedentes individuais é considerado energia não utilizada pela comunidade, representando o valor da energia excedentária injetada na rede pela comunidade.

No final do fluxograma, é calculada a energia efetivamente utilizada por cada membro na comunidade, onde se subtrai ao consumo inicial de cada membro o consumo ainda por satisfazer no final da aplicação do modelo.

De realçar, que apesar de ser implementado em código *matlab* uma redistribuição de energia apenas pelos consumidores ainda com as suas necessidades por satisfazer, no fluxograma da figura 3.4, apresenta-se uma redistribuição iterativa por todos os participantes, por uma questão de simplificação do modelo de repartição, uma vez que ambos os processos são idênticos, com a diferença que neste último existe um acréscimo de iterações.



N: Número total inicial de membros da comunidade
C_i: Consumo de cada membro
E_a: Energia atribuída
E_n: Energia excedentária não utilizada
E_{ef}: Energia efetivamente utilizada por cada membro
E_D: Excedente de energia inicial
N_a: Número de participantes com condições para integrar a repartição (sem consumo nulo)
N_{bc}: Número de participantes com o consumo por satisfazer
i: contador/consumidor
NC_i: Novo vetor de consumo

Figura 3.4. Fluxograma do modelo dinâmico de partilha de energia.

4. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Este capítulo apresenta uma caracterização pormenorizada do estudo de caso usado para demonstração da aplicabilidade dos modelos de partilha de energia apresentados nesta dissertação. Como tal, irá ser descrito o ambiente de simulação, assim como as instalações de produção e consumo que serviram de base para as simulações efetuadas.

4.1. Caracterização do ambiente de simulação

Neste estudo foram usados dados de consumo de duas escolas secundárias onde se prevê instalar uma UPAC, em cada uma das escolas, situadas no raio de ação inferior a 4 quilómetros. A CER engloba, para além das escolas, 4 edifícios autárquicos localizados nas proximidades. O excedente de energia produzida nas duas escolas, é para ser distribuído pelos edifícios autárquicos. Nas simulações de partilha de energia excedentária foram usados os modelos de partilha de energia apresentados no capítulo anterior.

Todos os dados utilizados neste estudo são referentes ao ano de 2022, onde já não se verificaram impactos nos perfis de consumo, motivados pela pandemia ou outros eventos suscetíveis de provocar alterações comportamentais de significativa importância por parte de pessoas, quer nos edifícios escolares, quer nos edifícios autárquicos.

4.1.1. Caracterização das instalações de produção

Para as instalações de produção fotovoltaica consideradas na comunidade, a instalar nas duas escolas, foram considerados três cenários de potências instaladas de 80 kWp, 100 kWp e 120 kWp.

Através das figuras 4.1, 4.2, 4.3, pode-se observar o efeito da sazonalidade na produção fotovoltaica nas duas escolas, registando-se um aumento significativo nos meses de primavera e verão, uma vez que são os meses onde existe um maior tempo de incidência da radiação solar, pelo facto de os dias serem mais longos, além de haver maior tempo de exposição direta ao sol, dado que existe menor nebulosidade nessas estações do ano. Nesses meses, o sol está numa posição mais elevada no céu, o que resulta em ângulos mais favoráveis de incidência de luz, aumentando assim também a intensidade da radiação da luz solar recebida. Pelo contrário, durante os meses de outono e inverno, as condições climáticas são mais adversas, onde predomina maior nebulosidade no céu o que se traduz numa menor capacidade de produção de energia elétrica.

As figuras 4.1, 4.2, 4.3 diferenciam os valores de produção de eletricidade, para diferentes níveis de potência instalada, correspondendo às seguintes potências de pico de 80 kWp, 100 kWp e 120 kWp, respetivamente. Pode-se denotar uma significativa diferença de produção entre os 80 e os 120 kWp instalados de cerca de 18700 kWh no mês de maior produção (julho), e de cerca de 4500 kWh para o mês onde a produção é menor (dezembro).

Os valores de produção apresentados, foram definidos para posteriormente realizar-se uma análise dos modelos de repartição de energia para diferentes níveis de potência instalada para produção, com o intuito de, dentro de valores admissíveis e tendo em conta a capacidade de instalação fotovoltaica numa escola secundária com dimensão média/grande, pudesse ocorrer uma variação significativa da produção e por sua vez o excedente que iria ser gerado e que vai ser distribuído pela CER. Por outro lado, aquando da definição dos três valores das potências instaladas, também se teve em conta a energia total anual que cada modelo poderia injetar na rede pública, uma vez que se estipulou um valor máximo de 10% de energia injetada anual em relação à produção anual. Neste caso, o modelo que origina mais energia não utilizada e por sua vez injetada na rede, o modelo de partilha de energia fixo, para valores de potência instalada registados de 80 kWp, 100 kWp e 120 kWp, originou valores percentuais anuais de energia injetada na rede de 2%, 5% e 8%, em relação à energia anual gerada.

Desta forma, consegue-se comparar os diferentes modelos de partilha de energia e aferir quais os mais indicados para diferentes valores de potência instalada.

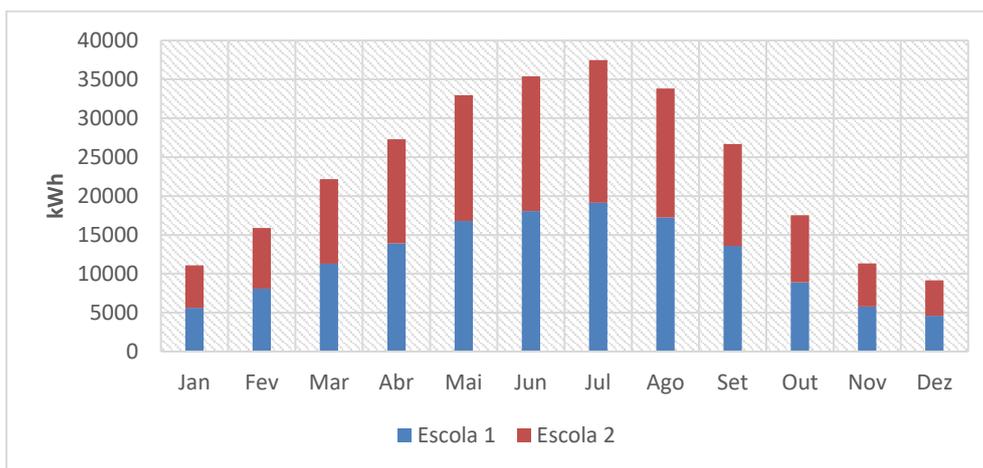


Figura 4.1. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 80 kWp.

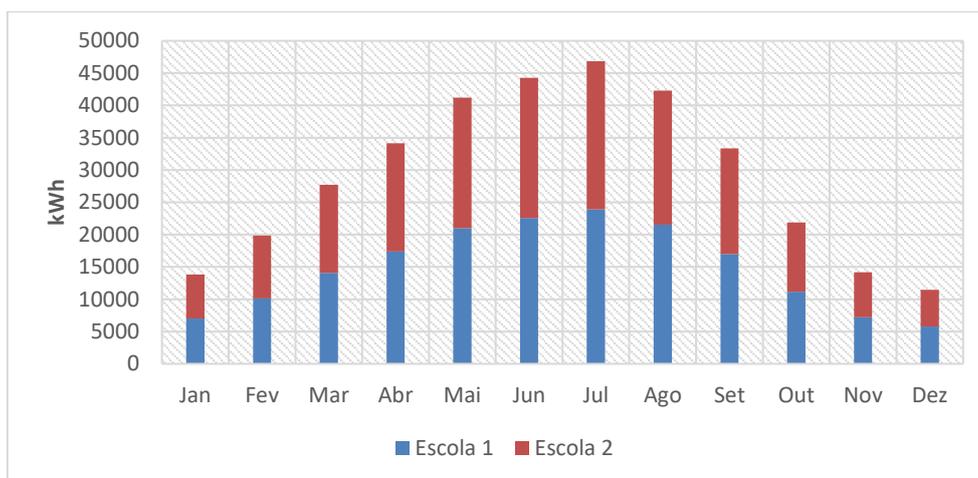


Figura 4.2. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 100 kWp.

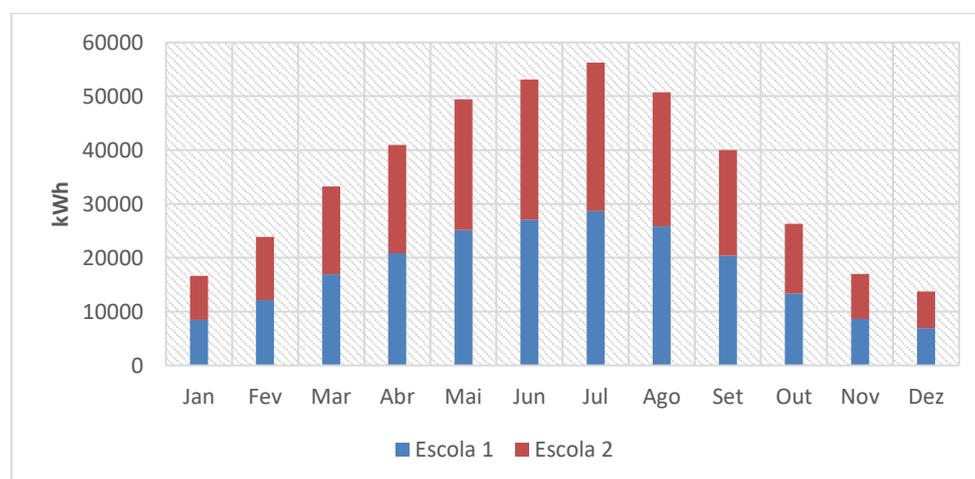


Figura 4.3. Diagrama anual de produção fotovoltaica nos edifícios escolares, para uma potência instalada de 120 kWp.

4.1.2. Caracterização das instalações de consumo

A comunidade de energia, que vai ser objeto de estudo neste trabalho, tem como participantes dois edifícios escolares, onde serão instaladas duas UPAC, e quatro edifícios autárquicos que se encontram todos num raio de proximidade inferior a 4 km. Considerando os consumos nas duas escolas e a produção prevista por cada uma das UPAC, foram calculados os excedentes de energia produzida em cada uma das escolas. É a soma desses excedentes que vai ser distribuída pelos 4 edifícios autárquicos, tendo em vista aplicar os modelos de repartição de energia apresentados e considerando o consumo de cada edifício.

Observando a figura 4.4, onde está evidenciado a potência média e a potência máxima registada na escola 1, constata-se que apresenta alguma sazonalidade ao longo do ano, dado que, apresenta menores potências no verão, sobretudo nos meses onde existe pausa letiva. Pelo contrário, nos meses de inverno, os valores de potência são mais acentuados devido ao aumento de utilização de

equipamentos elétricos, de iluminação e de aquecimento, uma vez que existe um aumento do número de utilizadores na escola, com o período letivo de aulas a decorrer.

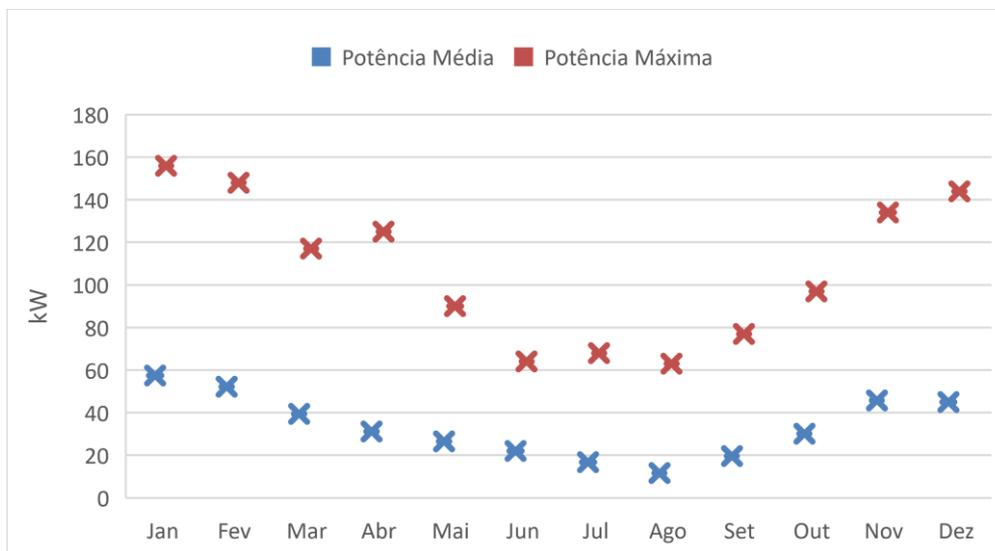


Figura 4.4. Diagrama anual de potência média e máxima da Escola 1.

Em seguida, na figura 4.5 verifica-se o mesmo caso, dado que também é um edifício escolar com a mesma tipologia de utilização, e em função disso, apresenta maiores potência nos meses de inverno em comparação com os meses de verão. À semelhança do anterior, nos meses de pausa letiva, uma menor utilização do espaço, além de existir uma claridade superior vinda do exterior por tempos mais prolongados, evita o uso com maior intensidade dos equipamentos. Por sua vez, no inverno, a potência média e máxima vai tender a registar valores mais elevados.

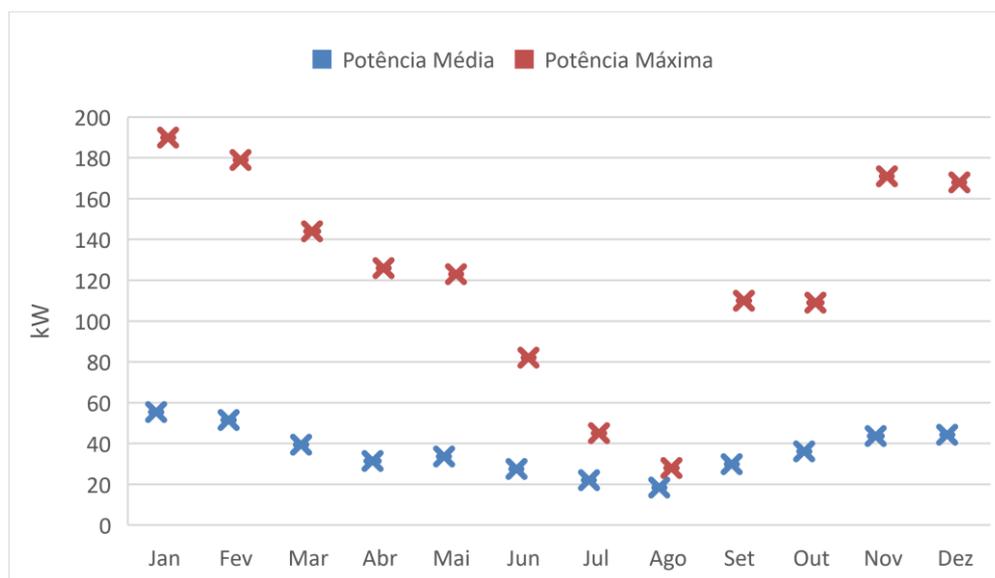


Figura 4.5. Diagrama anual de potência média e máxima da Escola 2.

Posteriormente, nos diagramas anuais de potência média e máxima dos quatro edifícios autárquicos, que se seguem nas figuras 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, denotam-se valores relativamente constantes de potência média ao longo do ano. Desse modo, para os diferentes meses do ano, a distribuição de energia excedentária por cada edifício, usando os diversos modelos de repartição, depende predominantemente da quantidade de energia disponível para distribuir, produzida nas UPAC dos dois edifícios escolares, e do consumo dos edifícios participantes. O edifício 3 regista uma potência média mais elevada do que os restantes, o que se traduz numa vantagem ao receber excedente durante a repartição de energia. Esta situação deve-se ao facto de o edifício 3 ter um perfil de consumo bastante superior aos restantes, o que o diferencia significativamente da restante comunidade.

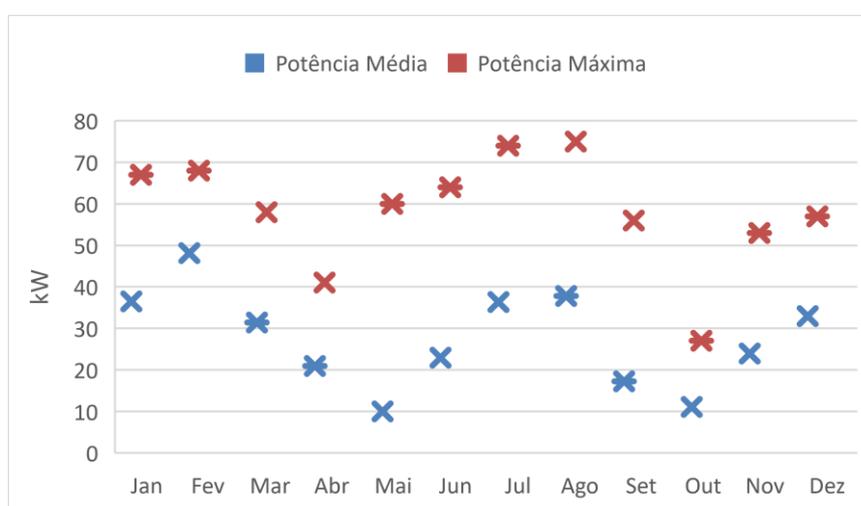


Figura 4.6. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 1.

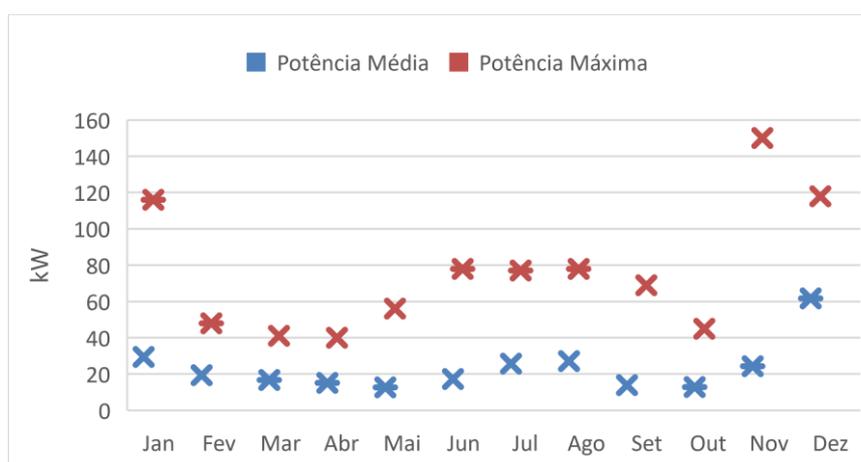


Figura 4.7. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 2.

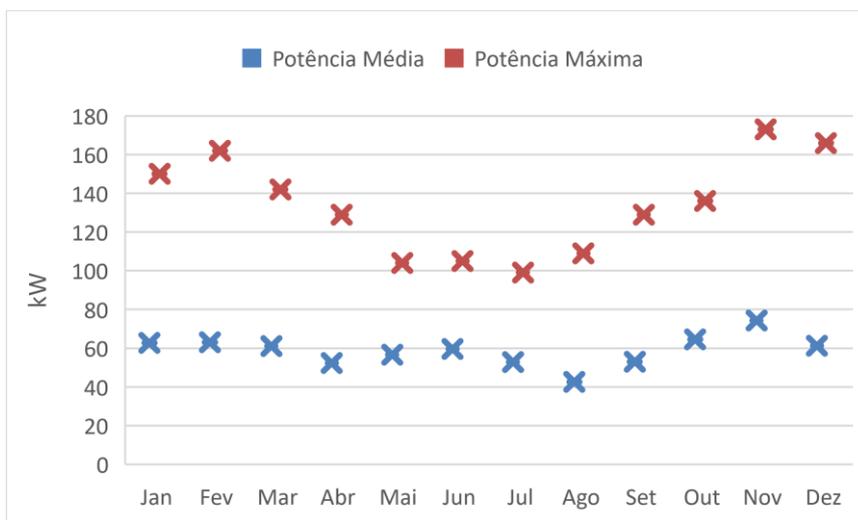


Figura 4.8. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 3.

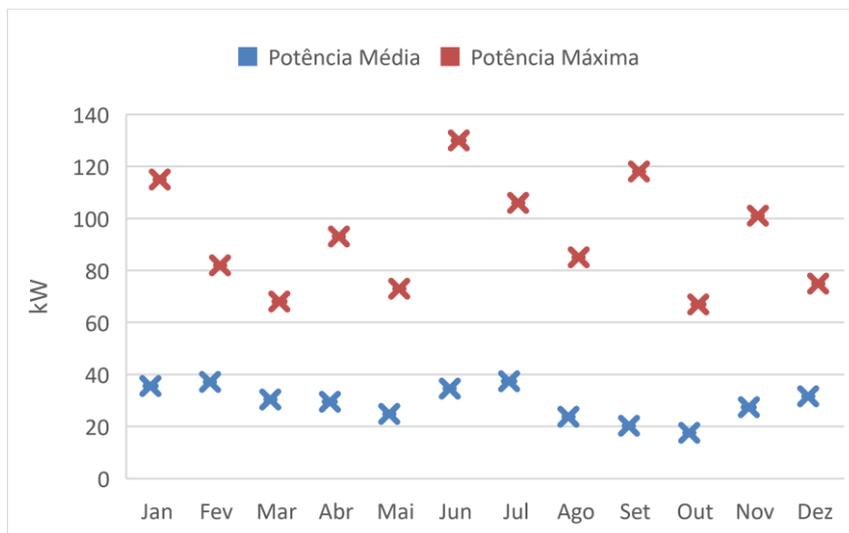


Figura 4.9. Diagrama anual de potência média e máxima do Edifício 4.

5. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS MODELOS DE PARTILHA

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação dos modelos de partilha de energia apresentados, e analisados os diferentes valores de energia partilhada pelos edifícios autárquicos participantes na comunidade. O objetivo da análise de resultados é identificar qual o método que melhor otimiza a partilha de energia excedentária, evitando a injeção de energia na rede pública e, assim, maximizar a utilização da produção em consumo local. Deste modo, os resultados evidenciados são referentes aos modelos híbrido e dinâmico, além dos 2 modelos existentes no regulamento do autoconsumo, com o foco na procura de uma certa equidade na sua distribuição.

Numa primeira análise individual dos modelos, são apresentados dados de energia efetivamente utilizada, energia não utilizada, energia efetivamente utilizada em relação ao consumo e em relação ao excedente total, para uma potência instalada de 120 kWp. Foram analisados três cenários de potência instalada de 80 kWp, 100 kWp e 120 kWp, e o cenário mais adequado tendo em conta os consumos dos edifícios foi a que corresponde aos 120 kWp, que consegue valores mais aceitáveis de cobertura dos consumos da comunidade sem grandes valores de injeção de energia. Além disso, para os três valores de potência instalados, as variações anuais de energia distribuída para cada modelo, acabam por ter uma análise semelhante, feita através dos gráficos. Em seguida, é feita a comparação entre as 3 potências instaladas, de modo aferir quais as vantagens e desvantagens de cada modelo de repartição, face às variações de potência.

5.1. M1 - Modelo de partilha de energia fixo ou estático

No primeiro modelo, ocorre a repartição fixa de energia pelos membros pertencentes da comunidade com valores fixos ao longo do tempo, recebendo cada participante a mesma percentagem da energia produzida em excesso nas escolas. Através da figura 5.1 verifica-se que a energia excedente disponível para distribuir efetivamente aumenta nos meses de verão, uma vez que é um período anual onde existe uma maior produção de eletricidade com origem na captação solar, combinada com um menor consumo por parte dos edifícios escolares. Dessa forma, existe uma maior geração de excedentes para a comunidade, a disponibilizar pelos edifícios autárquicos participantes, tendo em conta as necessidades do consumo de cada um.

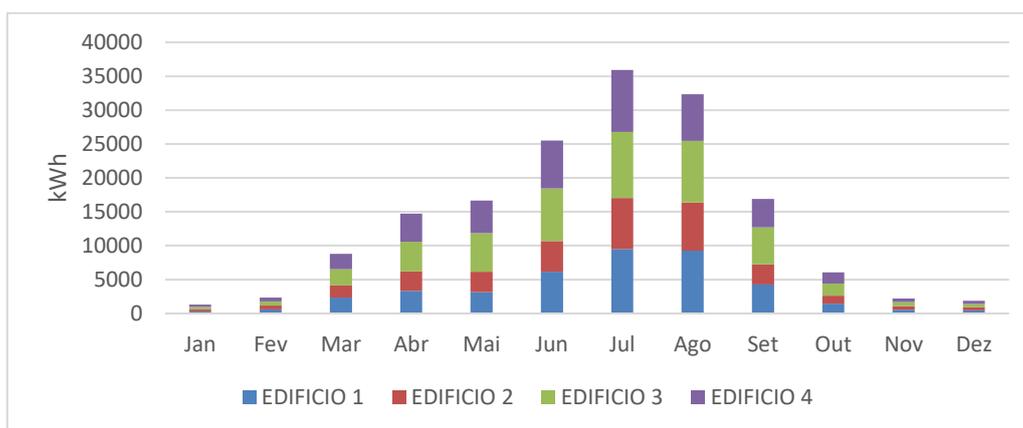


Figura 5.1. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.

A partir da figura 5.2 pode-se constatar que um ponto desfavorável deste modelo, é o facto de a energia atribuída a cada membro da comunidade, poder não ser toda usada pelo membro, gerando um excedente individual que não é aproveitado, o que faz com que a comunidade não maximize a utilização de todo o excedente gerado pela UPAC. Geram-se assim excedentes para a rede pública que poderiam ser usados por outros participantes a quem lhes foi atribuída uma quantidade inferior ao seu consumo. Por exemplo, o Edifício 3 onde notoriamente existe um consumo mais acentuado do que os restantes e por isso a sua quantidade de energia não utilizada ser muito inferior, dado que na maior parte do tempo a energia atribuída não supriu as suas necessidades, em comparação com o Edifício 2 onde a energia atribuída excedeu significativamente, num período considerável do ano, o seu consumo e por isso gerou uma quantidade maior de energia não utilizada. A nível anual registou-se um valor de 32211 kWh de energia injetada na rede, através deste modelo.

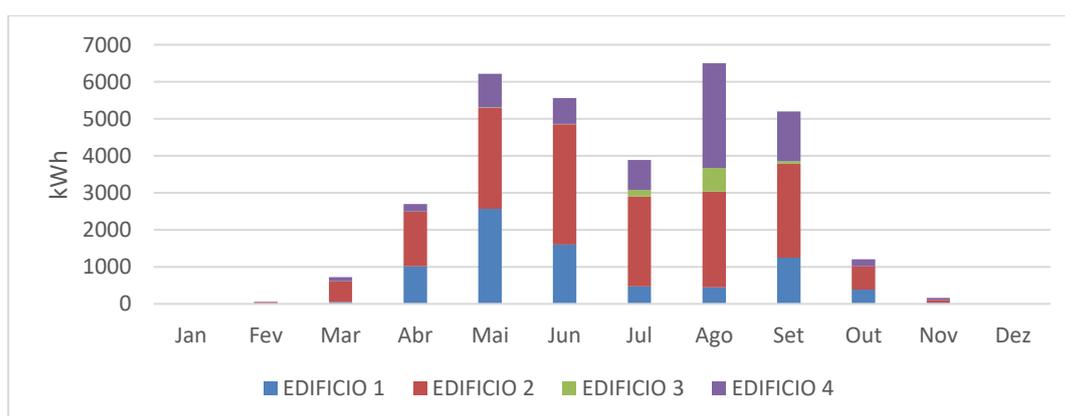


Figura 5.2. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.

Em relação à percentagem de energia efetivamente utilizada relativa ao excedente total é diferente de edifício para edifício, uma vez que apesar de durante todo o ano, neste modelo a repartição de energia ser fixa para os participantes na comunidade, irá haver diferentes consumos por

parte dos mesmos, acabando por haver diferentes níveis de energia que é consumida pelos membros na comunidade, o que vai provocar diferentes níveis de energia efetivamente utilizada. Durante os meses do ano de abril a outubro, o somatório de energia efetivamente utilizada na comunidade é notoriamente mais baixo, visto que há uma maior quantidade de energia excedentária a distribuir pelos edifícios, que excede as suas necessidades de consumo e, dessa forma, acaba por ser injetada na rede.

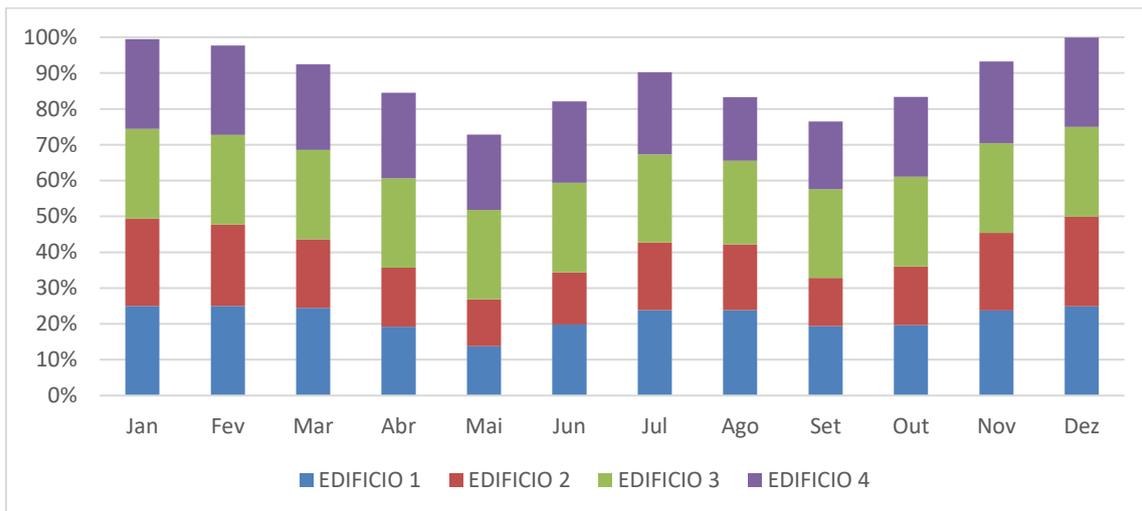


Figura 5.3. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, por cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.

A partir da figura 5.4 pode-se verificar que a energia efetivamente utilizada em relação ao consumo é maior nos meses de verão, uma vez que existe uma maior produção de energia e consumo nesse período do ano nas escolas em estudo, o que acarreta maior quantidade de energia para distribuir, aliado ao facto de o consumo por parte dos edifícios autárquicos ser relativamente constante ao longo do ano.

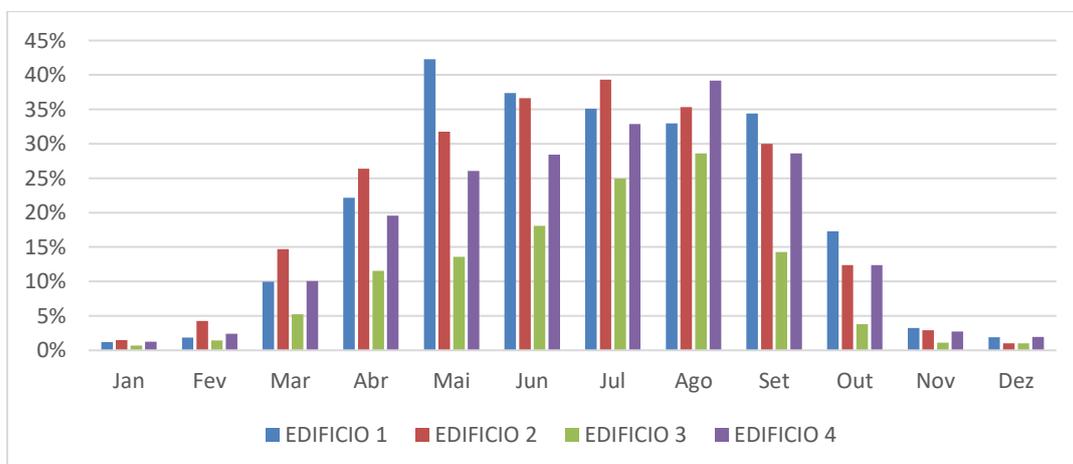


Figura 5.4. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha fixo.

5.2. M2 - Modelo de partilha de energia proporcional ao consumo

O modelo de partilha de energia proporcional ao consumo, tem como base o consumo de cada membro, isto é, será atribuída maior quantidade de energia aos edifícios participantes que tenham maior consumo, em comparação com os edifícios que tenham menor consumo. Este tipo de método garante a maximização da utilização de energia excedentária por parte da comunidade, já que, só há excedente de energia não atribuída aos participantes quando todos os participantes tiverem as suas necessidades de consumo satisfeitas.

A partir da figura 5.5, depreende-se que a energia efetivamente utilizada é maior nos meses de elevada produção fotovoltaica, como por exemplo, junho, julho e agosto.

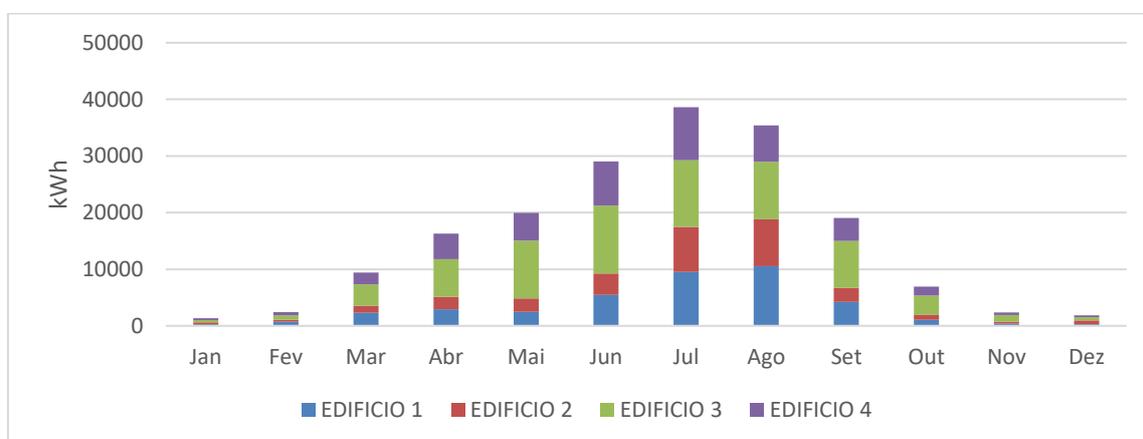


Figura 5.5. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.

A partir da figura 5.6, consegue-se observar que a energia não utilizada é maior nos meses de elevada produção fotovoltaica, como por exemplo, maio, junho, julho, agosto e setembro. Isto deve-se ao facto de nesse período do ano haver um aumento da produção fotovoltaica combinado com um consumo mais reduzido por parte dos quatro edifícios.

A nível anual registou-se um valor de 14320 kWh de energia injetada na rede, através deste modelo, cerca de 55 % menos do que o valor obtido com aplicação do modelo M1.

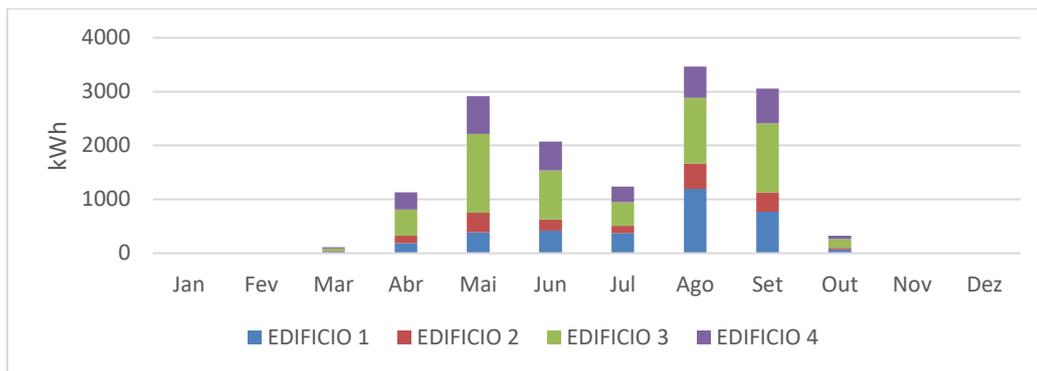


Figura 5.6. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.

De acordo com a figura 5.7, observa-se que a percentagem de energia efetivamente utilizada, relativa ao valor global da energia excedentária disponível para distribuir, varia de acordo com o consumo para cada edifício autárquico, havendo uma atribuição do excedente maior para o Edifício 3 e por isso denota-se uma maior parcela de energia que é consumida, uma vez que o seu consumo é maior que os restantes, ao longo do ano. Durante os meses do ano de abril a outubro, o somatório de energia efetivamente utilizada na comunidade é mais baixo, pois irá haver uma maior quantidade de energia excedentária para distribuir pelos edifícios que, durante esse período, já têm as suas necessidades energéticas satisfeitas.

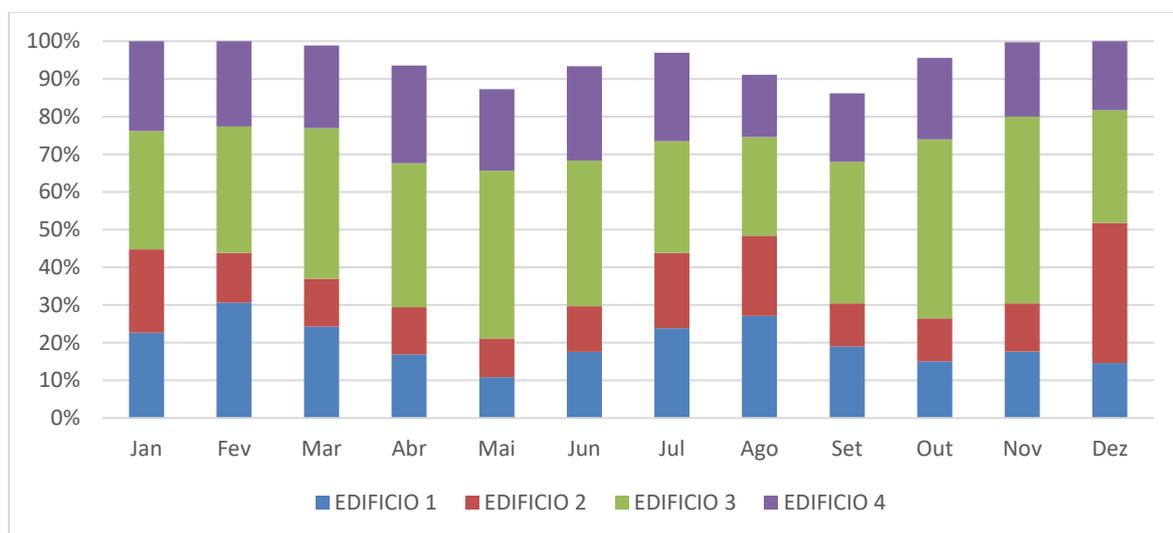


Figura 5.7. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, por cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.

A partir da figura 5.8, pode-se constatar que percentagem de consumo satisfeita com a entrega de energia pela CER é maior nos meses de verão à semelhança do primeiro modelo, dado que existe uma maior produção de energia e menor consumo nos edifícios escolares nesse período do ano, o que origina maior quantidade de energia para distribuir na comunidade. Associando também o facto de o

consumo por parte dos edifícios autárquicos ser relativamente constante ao longo do ano, provoca esta diferença.

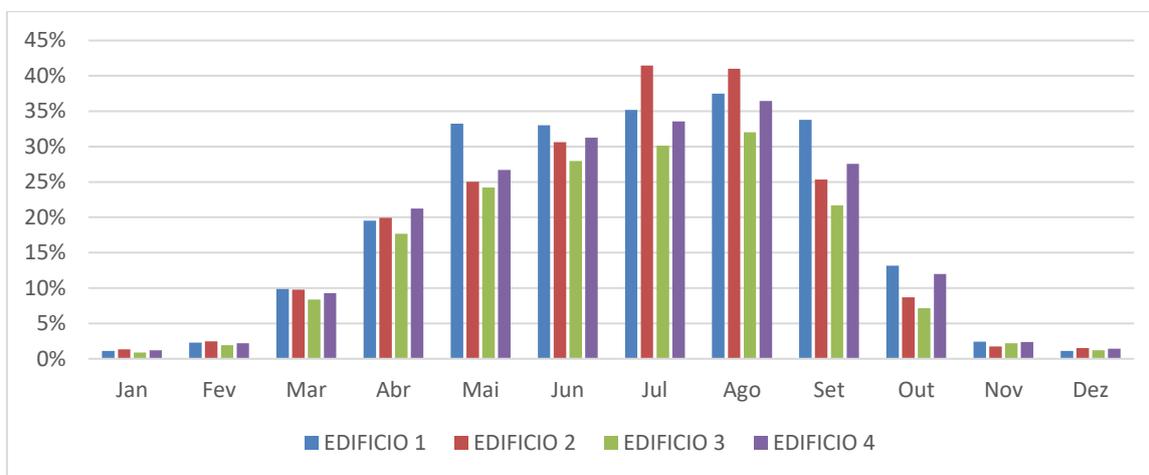


Figura 5.8. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha proporcional ao consumo.

5.3. M3 - Modelo híbrido de partilha de energia

5.3.1. Percentagem de 50% da energia a distribuir em cada iteração

Para o primeiro caso foi definida uma percentagem de 50% da quantidade de energia total para se distribuir, para atribuir na primeira iteração, que usa uma distribuição fixa e considerou-se uma distribuição igual pelos 4 edifícios participantes (25% a cada edifício). Os restantes 50% do excedente inicial ficaram reservados para a segunda repartição, esta proporcional ao consumo. Desta forma atribui-se igual peso a ambos os métodos de repartição de energia abordados inicialmente.

Deste modo, indo ao encontro do objetivo deste modelo que procura não penalizar os membros que têm menor consumo, procura-se nesta primeira iteração a atribuição de energia que seja o mais equivalente possível, com uma definição percentual de energia a distribuir pelos dois métodos equivalente e por uma distribuição inicial de energia a cada membro da comunidade, também esta, igualitária.

Nesta primeira distribuição feita pelo modelo de partilha de energia híbrido apresentado, evita-se não penalizar tanto na quantidade de energia entregue aos edifícios participantes na comunidade com menor consumo, pois existe uma primeira iteração, em que a todos é atribuída a mesma quantidade de energia e depois na segunda iteração em que cada um irá receber energia em função do consumo que ainda não foi servido pela primeira iteração. Como tal, participantes com maior consumo acabam por receber maior parte do excedente ainda existente depois da primeira

distribuição, mas fica garantido uma certa equidade na distribuição de energia com a primeira iteração que é fixa. Através da figura 5.9 identifica-se uma maior utilização de energia no Edifício 3 e também nos meses de verão onde existe maior produção fotovoltaica.

Nesta primeira parte do modelo, tendo em vista beneficiar um pouco os participantes com baixo consumos, pretende-se fazer uma distribuição de energia o mais equitativa possível, com uma definição percentual fixa de energia a distribuir na primeira iteração. Garante-se também com a segunda iteração do modelo que é maximizada o aproveitamento da energia disponível da CER.

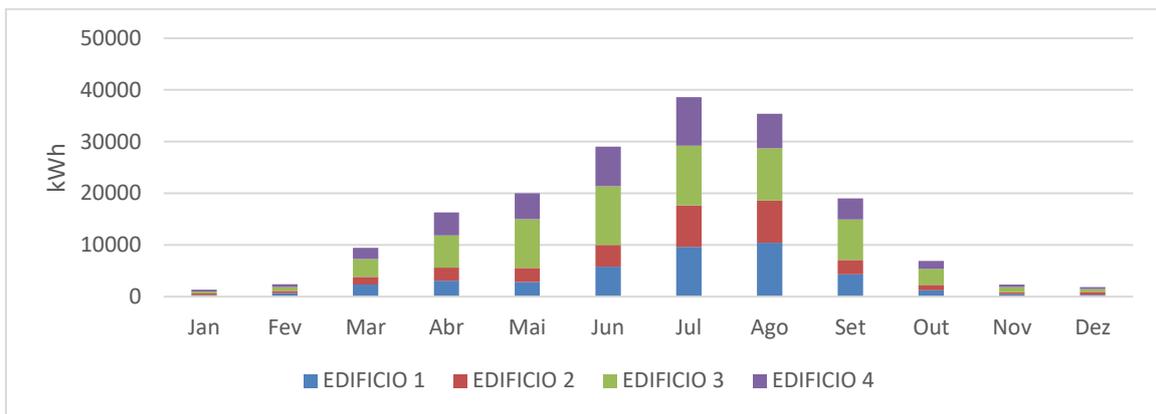


Figura 5.9. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1.

A partir da figura 5.10, consegue-se observar que a energia não utilizada é maior nos meses de elevada produção fotovoltaica, como por exemplo, maio, junho, julho, agosto e setembro. Isto deve-se ao facto de nesse período do ano haver um aumento da produção fotovoltaica combinado com um consumo relativamente baixo por parte dos quatro edifícios.

A nível anual registou-se um valor de 14320 kWh de energia injetada na rede, através deste modelo, que iguala o valor obtido pela aplicação do modelo M2.

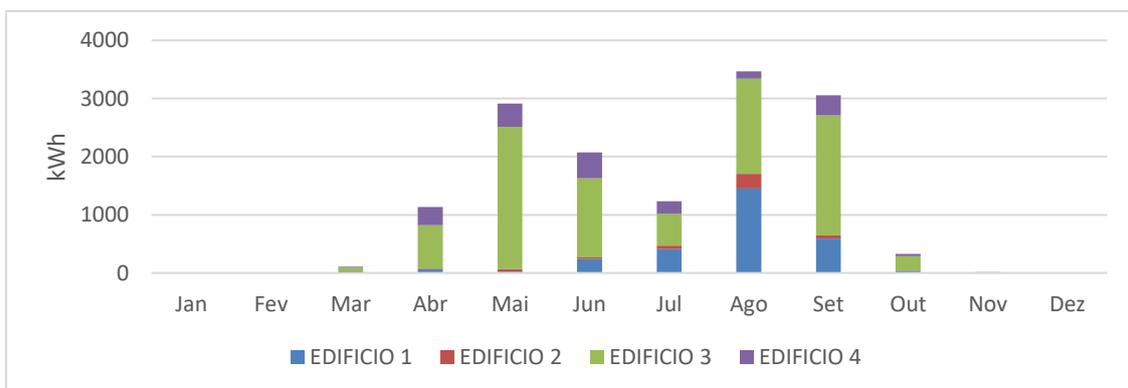


Figura 5.10. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1

De acordo com a figura 5.11, entende-se que a percentagem de energia efetivamente utilizada relativa ao excedente varia de acordo com o consumo de cada edifício, notando-se uma atribuição do

excedente maior para o Edifício 3 e por isso tem uma maior parcela de energia que é consumida, dado que o seu consumo é maior que os restantes. Também se constata uma maior equidade na distribuição de energia em relação aos modelos fixo e proporcional ao consumo, uma vez que na primeira iteração todos os edifícios recebem quantidades iguais de energia e, posteriormente, na segunda iteração atribui-se uma parcela de energia juntamente com o excedente sobranete dos edifícios já satisfeitos. Durante os meses do ano de abril a outubro, o somatório de energia efetivamente utilizada na comunidade é mais baixo, pois irá haver uma maior quantidade de energia excedentária para distribuir pelos edifícios que não necessitam de mais energia.

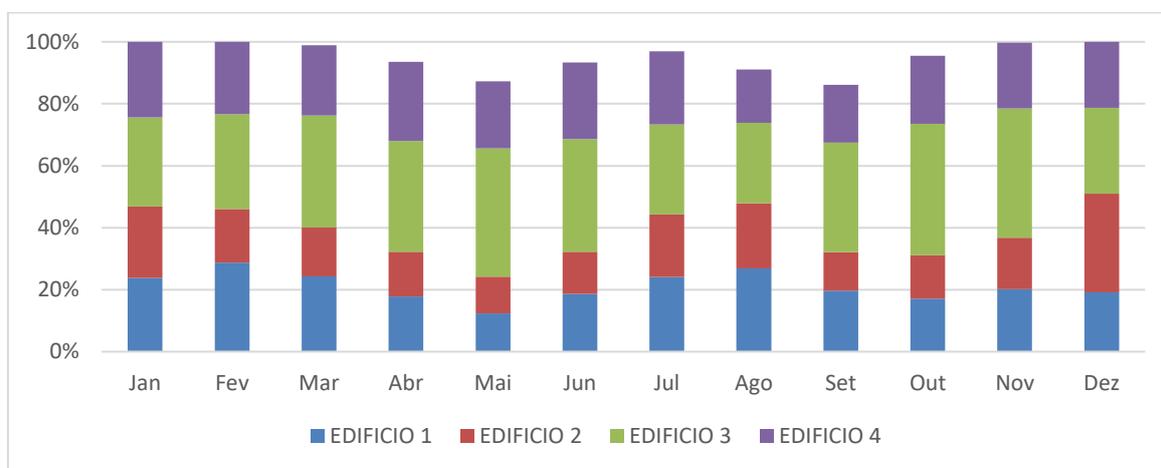


Figura 5.11. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 1.

A partir da figura 5.12, pode-se constatar que a energia efetivamente utilizada em relação ao consumo é maior nos meses de verão, à semelhança dos outros modelos, pois ocorre uma maior produção e existe um menor consumo nos edifícios escolares nessa altura do ano, conjugada com um consumo constante por parte dos edifícios autárquicos durante o ano.

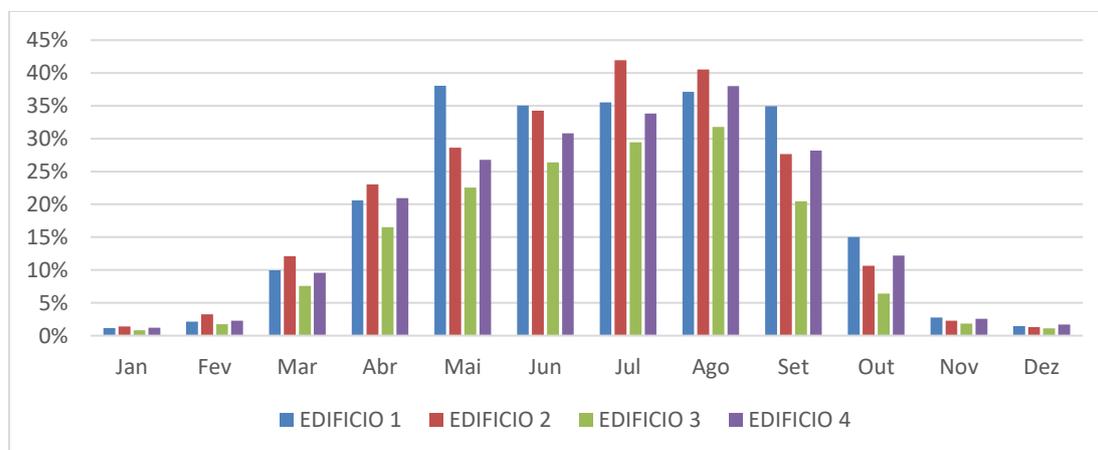


Figura 5.12. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha de híbrido 1.

5.3.2. Percentagem de 100% da energia a distribuir na primeira iteração

Nesta aplicação do modelo híbrido foi considerada que toda a energia disponível seria usada para distribuir na primeira iteração do modelo híbrido. Na segunda iteração era usada a energia resultante do somatório dos excedentes individuais gerados na primeira iteração.

Na primeira iteração considerou-se uma repartição igual para os 4 edifícios, ou seja, 25% para cada um.

Desta maneira, neste segundo caso, procura-se beneficiar ainda mais os edifícios com menor consumo, distribuindo uma maior quantidade de energia numa primeira iteração fixa. Numa segunda iteração, que tem em conta o consumo de cada consumidor ainda não totalmente satisfeito na primeira iteração, a parcela de energia a distribuir depende dos excedentes individuais gerados na distribuição anterior, pelos participantes que já viram as suas necessidades satisfeitas totalmente.

Esta variante do modelo, contém várias semelhanças com a anterior apresentada. Como tal, observando a figura 5.13, repara-se uma maior atribuição de energia ao Edifício 3, em virtude do seu consumo e também é observado nos meses de verão onde existe maior produção fotovoltaica.

Neste segundo caso ao definir-se uma percentagem de energia maior para o modelo de repartição fixo, procura-se atribuir mais energia aos consumidores que têm menor consumo, do que na variante anterior, e dessa forma melhora-se a equidade na distribuição de energia.

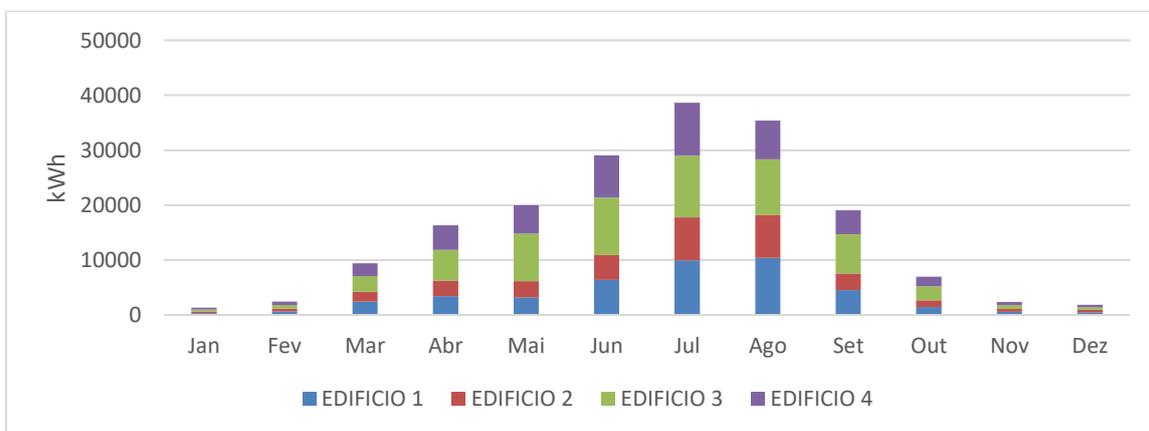


Figura 5.13. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.

A partir da figura 5.14, consegue-se observar que a energia não utilizada é maior nos meses de elevada produção fotovoltaica, como por exemplo, maio, junho, julho, agosto e setembro. Isto deve-se ao facto de nesse período do ano haver um aumento da produção fotovoltaica combinado com um consumo relativamente baixo por parte dos quatro edifícios.

A energia injetada na rede mantém-se no valor de 14320 kWh, como a variante anterior.

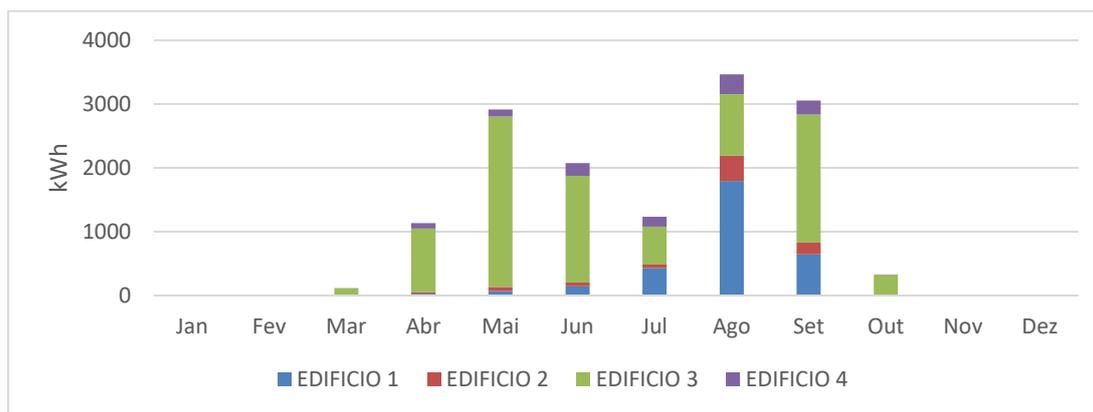


Figura 5.14. Energia não utilizada por cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.

De acordo com a figura 5.15, o Edifício 3 recebe uma parcela maior de energia relativa ao excedente global, uma vez que o seu consumo é maior do que os restantes e por isso implica uma maior quantidade de energia que efetivamente é consumida por este membro.

Também se percebe uma maior equidade na distribuição de energia em relação à variante anterior do modelo, uma vez que na primeira iteração procura-se distribuir toda a energia pelos edifícios de igual modo, e posteriormente, na segunda iteração atribui-se já uma quantidade de energia menor, em relação ao último modelo.

Durante os meses do ano de abril a outubro, o somatório de energia efetivamente utilizada na comunidade é mais baixo, visto que há uma maior quantidade de energia excedentária para distribuir por edifícios que já estão satisfeitos energeticamente.

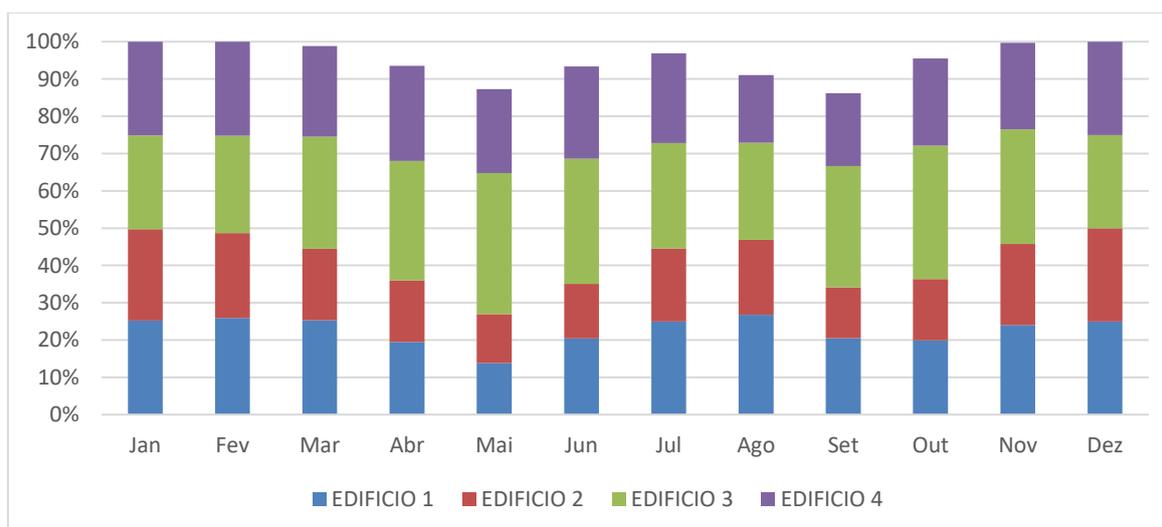


Figura 5.15. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.

A partir da figura 5.16, verifica-se que a energia atribuída e efetivamente utilizada em relação ao consumo é maior nos meses de verão à semelhança dos outros modelos, pois além de haver uma

maior produção nos edifícios escolares para distribuir durante esses meses do ano, o consumo por parte dos edifícios autárquicos apresenta valores mais regulares ao longo do ano, e como tal, consegue-se observar essa diferença.

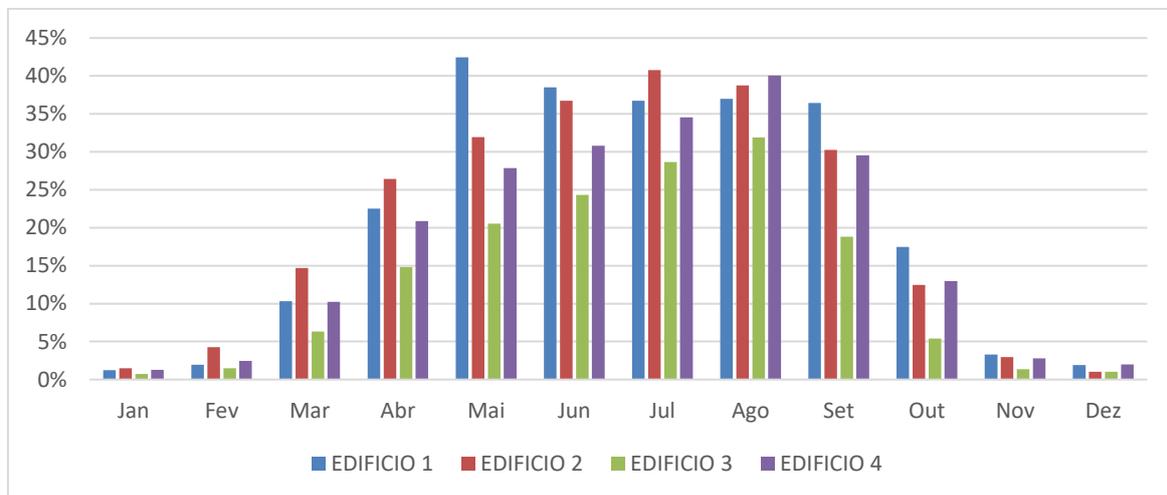


Figura 5.16. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo de partilha híbrido 2.

5.4. M4 - Modelo dinâmico de partilha de energia

Neste último modelo, obtém-se uma distribuição de energia de forma ainda mais equitativa, dado que, a cada participante da comunidade, é atribuída uma quantidade de energia igual para todos, ou seja, a energia total disponível para ser distribuída é dividida em partes iguais pelo número de participantes ainda com necessidades de consumo por satisfazer. O processo de distribuição é iterativo e para quando todos os participantes ficarem com as suas necessidades de consumo satisfeitas ou já não haver mais energia para distribuir.

Ao verificar-se a figura 5.17, repara-se numa maior utilização de energia no Edifício 3, dado que o sobranço dos edifícios autárquicos com menos consumo, acaba por satisfazer este edifício onde o consumo é maior, e por isso verifica-se uma maior quantidade de energia alocada ao longo do ano. Nos meses de verão existe maior produção fotovoltaica, o que se traduz numa maior energia alocada.

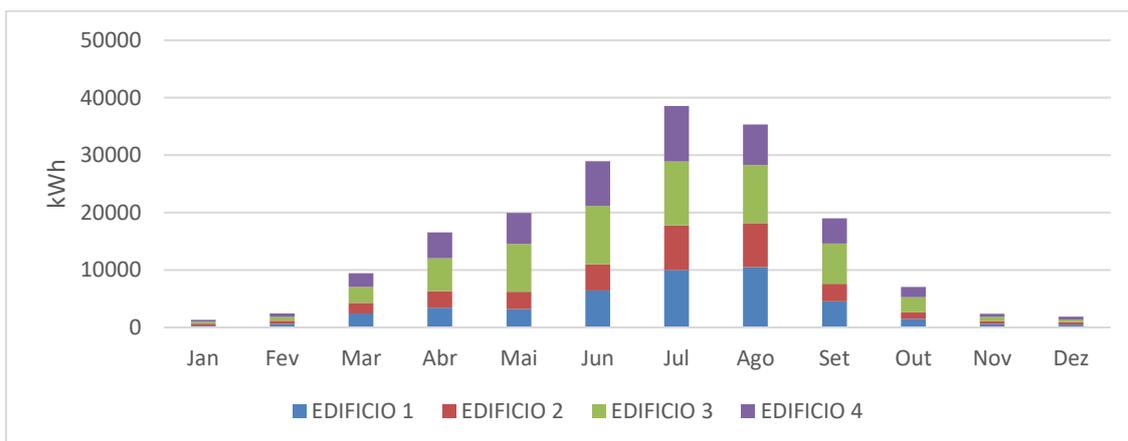


Figura 5.17. Energia efetivamente utilizada por cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.

Para este modelo em específico, a energia não utilizada tem uma variação mais homogênea em comparação com o resto dos modelos de repartição, uma vez que, a distribuição tem em conta as necessidades energéticas individuais, mas não é feita distribuindo quantidades de energia de acordo com percentagens discrepantes de consumo, e por isso, recebem todos porções similares e existe pouca discrepância entre consumidores. Nos meses de verão, a energia não utilizada pelos edifícios é maior fruto da produção ser superior, em consideração com o resto do ano.

A nível anual registou-se, com este modelo, um valor de 14137 kWh de energia injetada na rede, valor similar ao resultado obtido nos modelos anteriores, com exceção do Modelo M1.

De acordo com a figura 5.18, o Edifício 3 recebe uma parcela maior de energia relativa ao excedente, uma vez que o seu consumo é maior do que os restantes e por isso irá ter uma maior quantidade de energia efetivamente utilizada.

Existe também uma maior equidade na distribuição de energia em relação ao modelo híbrido, uma vez que neste modelo vai distribuindo, sucessivamente a cada iteração, a energia excedentária pelos edifícios em percentagens fixas e iguais, o que resulta numa menor discrepância entre os edifícios de maior e menor consumo. Desta forma, verificam-se percentagens de energia destituída e efetivamente utilizada por cada membro, com valores mais semelhantes.

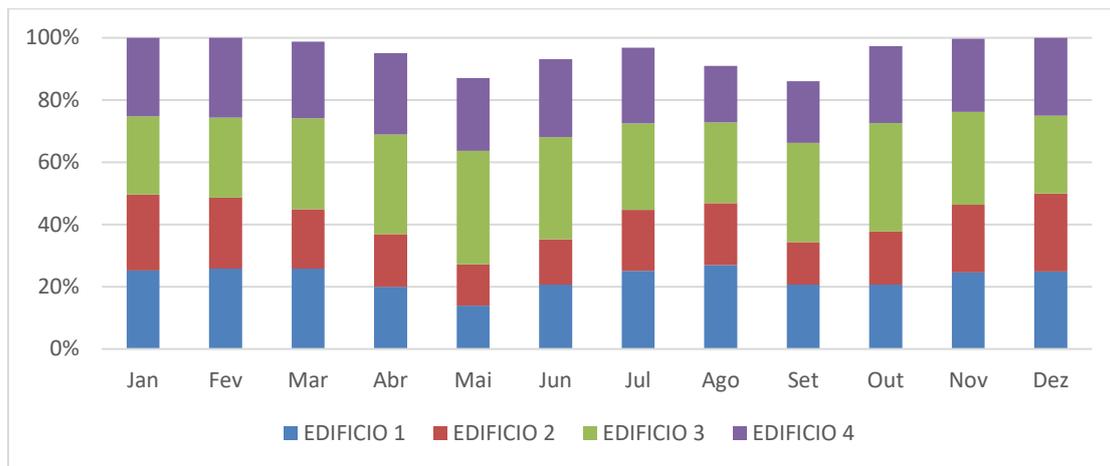


Figura 5.18. Energia efetivamente utilizada em relação ao excedente total, para cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.

A partir da figura 5.19, constata-se que a energia atribuída e efetivamente utilizada em relação ao consumo é maior nos meses de verão à semelhança dos outros modelos, pois existe uma maior produção durante esses meses do ano nos edifícios escolares, conjugada com um menor consumo dos mesmos, o que origina maior quantidade de energia a distribuir pelos consumidores. Este último modelo, em comparação com os outros, pode-se aferir que neste caso os edifícios com consumo mais baixo, acabam por ter uma maior percentagem do seu consumo servido pela comunidade. Deste modo, é um modelo que tem como prioridade satisfazer as necessidades dos membros de baixo consumo, em detrimento dos membros, que por possuírem consumos mais elevados, nos outros modelos acaba por lhes ser atribuída mais energia.

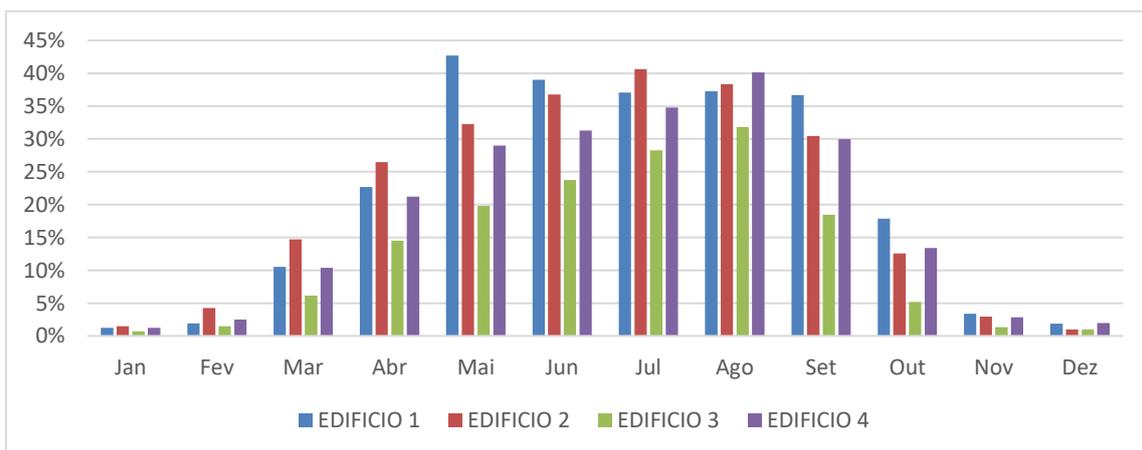


Figura 5.19. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha.

5.5. Análise comparativa dos resultados para diferentes potências instaladas

Nesta secção do capítulo, são apresentados e analisados dados que são simulados tendo em conta potências instaladas de 80 kWp, 100 kWp e 120 kWp, de forma a perceber algumas vantagens e desvantagens dos modelos de partilha de energia, que possam ocorrer face às variações de potência.

Com o aumento da produção instalada é natural que a quantidade de energia excedentária que há para distribuir aumente. A distribuição de energia feita através dos modelos, é feita de igual forma, independentemente da potência instalada, sendo maior a parcela de energia para cada membro da comunidade, quanto maior for a potência instalada.

Como o consumo dos edifícios não varia com a potência instalada, assim, quanto maior a produção das UPAC maior é a parcela de consumo satisfeito pela energia excedentária da CER. Através das figuras 5.20, 5.21 e 5.22 pode-se constatar que a produção em relação ao consumo irá aumentar sobretudo nos meses de verão, e irá atingir níveis de quase 40% para uma potência instalada de 120 kWp, como se observa na figura 5.20, níveis de 35% para uma potência de 100 kWp, como se observa na figura 5.21, e níveis de 30% para uma potência de 80 kWp, como se observa na figura 5.22.

Assim, observando por exemplo o mês de agosto, com o aumento da energia excedentária para distribuir, o edifício 1 regista valores de 22%, 31% e 37%, o edifício 2 regista valores de 24%, 31% e 38%, o edifício 3 regista valores de 20%, 27% e 32%, e por fim o edifício 4 regista valores de 29%, 35% e 40%.

O modelo de repartição dinâmico, o usado para obter os resultados apresentados nas figuras 5.20, 5.21 e 5.22, é o modelo que consegue a distribuição de energia de forma mais justa e equitativa possível. No que respeita aos restantes modelos, a repartição apesar de não ser tão equitativa, segue o mesmo raciocínio, com um aumento de produção nos meses de verão.

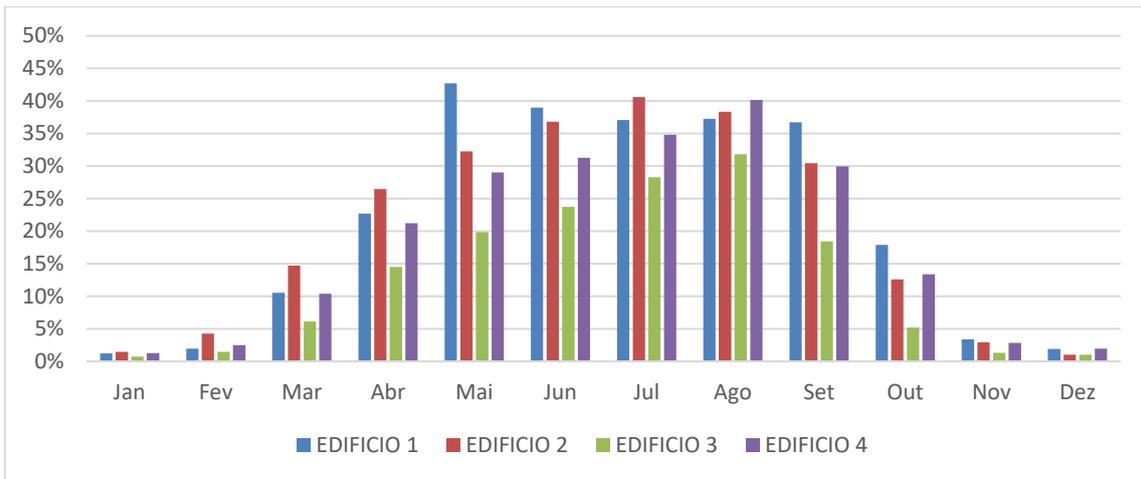


Figura 5.20. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 120 kWp.

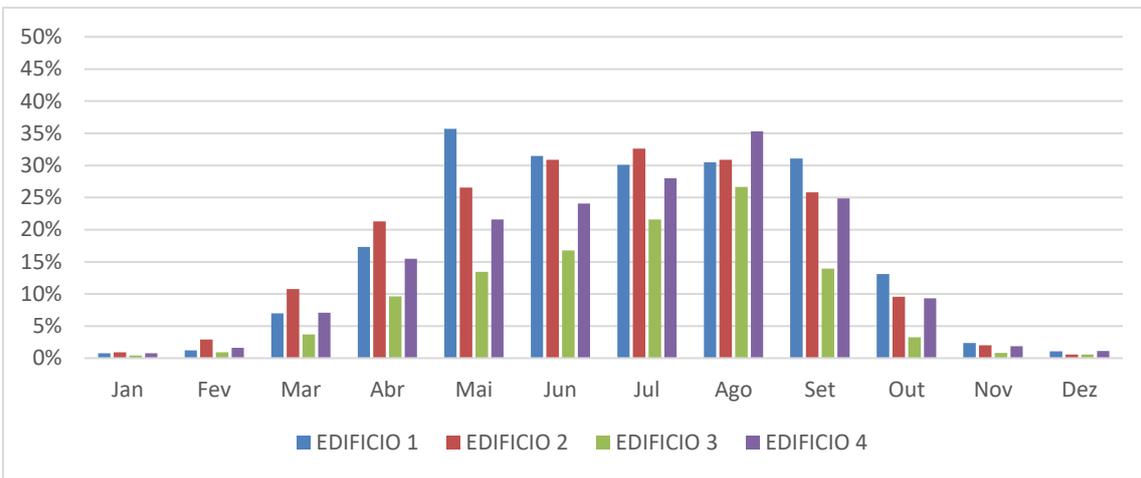


Figura 5.21. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 100 kWp.

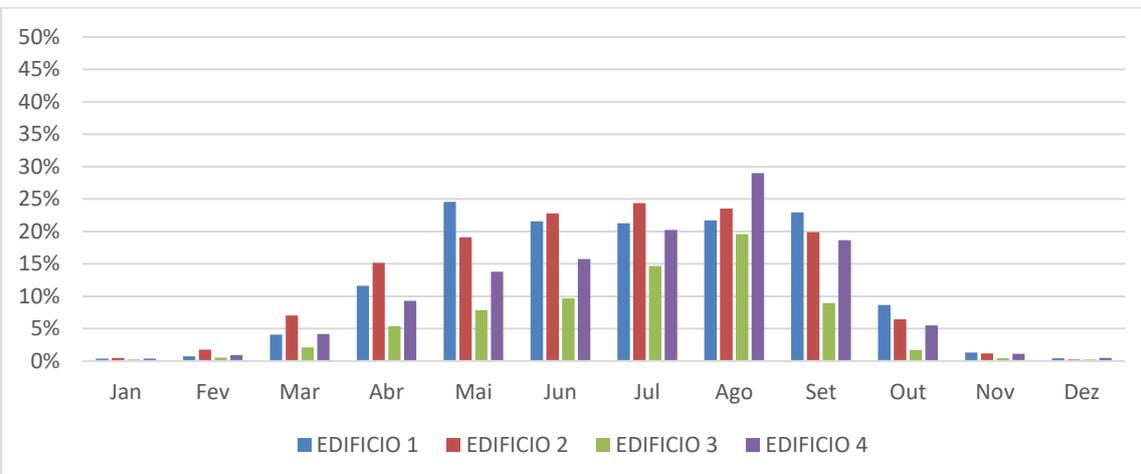


Figura 5.22. Energia efetivamente utilizada em relação ao consumo de cada edifício, utilizando o modelo dinâmico de partilha, para 80 kWp.

Nas tabelas 5.1 e 5.2, estão representados os resultados da distribuição de energia por aplicação do modelo de partilha dinâmico, por ser o modelo que melhor garante a equidade na repartição da energia pelos edifícios participantes. Em relação ao resto dos modelos, apresentam a mesma relação entre potência instalada e energia excedentária, ou seja, com o aumento da potência instalada aumenta-se os excedentes e dessa forma, por sua vez, a energia efetivamente utilizada e energia não utilizada aumenta.

Tabela 5.1. Energia efetivamente utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.

Potência Instalada (kWp)	80	100	120	
Modelo Dinâmico de Partilha de Energia	Jan	411	823	1328
	Fev	909	1569	2423
	Mar	3709	6248	9417
	Abr	7419	11845	16569
	Mai	9498	14820	19940
	Jun	14446	22210	28960
	Jul	21785	30630	38578
	Ago	22167	29473	35342
	Set	10968	15377	19009
	Out	2879	4781	7045
	Nov	882	1566	2364
	Dez	433	1057	1852
Total	95505	140399	182827	

Tabela 5.2. Energia não utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.

Potência Instalada (kWp)	80	100	120	
Modelo Dinâmico de Partilha de Energia	Jan	0	0	0
	Fev	0	0	1
	Mar	0	3	112
	Abr	2	240	871
	Mai	111	1037	2952
	Jun	25	434	2134
	Jul	13	127	1257
	Ago	211	1116	3506
	Set	58	953	3079
	Out	0	63	217
	Nov	0	3	8
	Dez	0	0	0
Total	420	3976	14137	

Ao fazer-se uma comparação entre a energia efetivamente utilizada e não utilizada dos modelos de repartição fixo e dinâmico para uma potência de 120 kWp, representados nas tabelas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, pode-se aferir através da tabela 5.5 e 5.6, que existe um aumento de aproximadamente o dobro de energia não utilizada no modelo fixo de repartição, uma vez que efetivamente é utiliza-se menos energia, tendo como consequência haver uma maior quantidade de energia injetada na rede. Em contrapartida, através do modelo dinâmico de partilha de energia, mantém uma boa equidade na distribuição de energia, e garante que a quantidade de energia não utilizada é a menor possível.

Tabela 5.3. Energia efetivamente utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.

Potência Instalada (kWp)		80	100	120
Modelo de Partilha Fixo	Jan	411	823	1320
	Fev	909	1551	2368
	Mar	3654	6006	8807
	Abr	7067	10882	14741
	Mai	8287	12615	16678
	Jun	13413	19840	25534
	Jul	20960	28886	35945
	Ago	20735	27018	32350
	Set	9884	13558	16892
	Out	2704	4306	6056
	Nov	861	1501	2210
	Dez	433	1057	1851
	Total	89319	128042	164753

Tabela 5.4. Energia não utilizada em kWh, para as 3 potências instaladas.

Potência Instalada (kWp)		80	100	120
Modelo de Partilha Fixo	Jan	0	0	7
	Fev	0	18	55
	Mar	55	244	722
	Abr	353	1202	2701
	Mai	1322	3243	6213
	Jun	1058	2805	5560
	Jul	838	1877	3889
	Ago	1643	3572	6497
	Set	1142	2771	5195
	Out	175	539	1209
	Nov	21	68	161
	Dez	0	0	1
	Total	6606	16339	32211

Tabela 5.5. Energia não utilizada relativa total de energia disponível, para 120 kWp.

	Modelo Fixo	Modelo Dinâmico
Jan	1%	0%
Fev	2%	0%
Mar	8%	1%
Abr	15%	5%
Mai	27%	13%
Jun	18%	7%
Jul	10%	3%
Ago	17%	9%
Set	24%	14%
Out	17%	3%
Nov	7%	0%
Dez	0%	0%

Tabela 5.6. Energia efetivamente utilizada relativa total de energia disponível, para 120 kWp.

	Modelo Fixo	Modelo Dinâmico
Jan	99%	100%
Fev	98%	100%

Mar	92%	99%
Abr	85%	95%
Mai	73%	87%
Jun	82%	93%
Jul	90%	97%
Ago	83%	91%
Set	76%	86%
Out	83%	97%
Nov	93%	100%
Dez	100%	100%

5.6. Análise comparativa dos diversos modelos

Importa fazer-se uma análise comparativa do desempenho dos diversos modelos de repartição de energia utilizados para várias potências instaladas, de modo a perceber quais os modelos que vão ao encontro das necessidades e características desta CER. Denotar apenas, que com o aumento da potência instalada aumenta-se os excedentes e dessa forma, a energia efetivamente utilizada por cada modelo, sofre uma ligeira diminuição percentual, enquanto a energia não utilizada percentual aumenta.

Pela tabela 5.7, denota-se que o modelo 1 é o modelo que gera mais energia não utilizada, o que é apresentado como a grande desvantagem deste modelo. Isto deriva do facto de a energia alocada, com um valor fixo a cada membro da comunidade, poder não ser toda utilizada pelo membro, originando assim excedentes para a rede que poderiam ser usados por outros membros a quem lhes foi atribuída uma quantidade inferior ao seu consumo. Os restantes modelos otimizam a utilização da energia a distribuir e só geram excedentes quando todos os participantes veem as suas necessidades de consumo totalmente satisfeitas. Por essa razão é que todos eles (M2, M3.1, M3.2 e M4) apresentam valores similares de energia injetada na rede, que correspondem aos valores mínimos possíveis.

Denota-se que nos meses do ano onde existe maior exposição e captação solar, existe uma maior quantidade de energia não utilizada, dado pelo facto, de nesse período haver maior número de períodos em que o valor total do consumo dos edifícios é menor do que a energia disponível para distribuir na CER. Nesta comunidade, devido ao facto de a produção mensal de excedentes ser muito inferior ao consumo mensal por parte dos participantes, o que indica que em grande parte dos intervalos de tempo em que são enviados dados para o operador de rede, os valores de consumo de cada edifício são significativamente maiores que o valor do excedente total produzido que há para distribuir pelos mesmos.

Tabela 5.7. Distribuição de energia não utilizada percentual, para cada modelo e por mês.

	M1	M2	M3.1	M3.2	M4
Jan	1%	0%	0%	0%	0%
Fev	2%	0%	0%	0%	0%
Mar	8%	1%	1%	1%	1%
Abr	15%	6%	6%	6%	5%
Mai	27%	13%	13%	13%	13%
Jun	18%	7%	7%	7%	7%
Jul	10%	3%	3%	3%	3%
Ago	17%	9%	9%	9%	9%
Set	24%	14%	14%	14%	14%
Out	17%	4%	4%	4%	3%
Nov	7%	0%	0%	0%	0%
Dez	0%	0%	0%	0%	0%

Contudo, o objetivo inicial era melhorar a equidade na distribuição de energia pelos participantes e foi o que se conseguiu tanto com o modelo híbrido (M3) como com o modelo dinâmico (M4), sendo este último o que apresenta melhores resultados quanto à equidade na distribuição da energia pelos participantes.

Assegura-se assim, que nos modelos 3.1, 3.2 e 4, a energia seja distribuída de forma mais equitativa pelos participantes na comunidade, não havendo grande discrepância na sua distribuição e garantindo que se mantém a injeção de energia para a rede em valores iguais ao modelo simples proporcional ao consumo, ou seja, mantém-se garantida a otimização da utilização da energia distribuir pela CER. Por exemplo, observando a figura 5.23, atendendo os desvios padrões em relação à energia efetivamente utilizada entre os quatro edifícios, para cada modelo, em cada mês, consegue-se verificar que, à medida que se aplica o modelo 3.1, modelo 3.2 e por fim o modelo 4, o valor percentual do desvio padrão diminui, o que significa que existe uma maior equidade nos valores de energia efetivamente utilizada entre os quatro edifícios, e por sua vez traduz-se também numa maior equidade na distribuição de energia pelos membros.

Na figura 5.23, também se consegue observar que o desvio padrão em relação à energia efetivamente utilizada, no primeiro modelo (modelo de partilha fixo) ser o mais baixo, o que se adequa, uma vez que as percentagens de energia atribuída neste modelo são fixas para todos os participantes e, no caso desta simulação foram iguais para todos. No entanto, contrasta com o facto de, como se verifica na figura 5.24, de ser o modelo que gera mais energia não utilizada e por isso não ser o mais vantajoso para a distribuição de energia na comunidade.

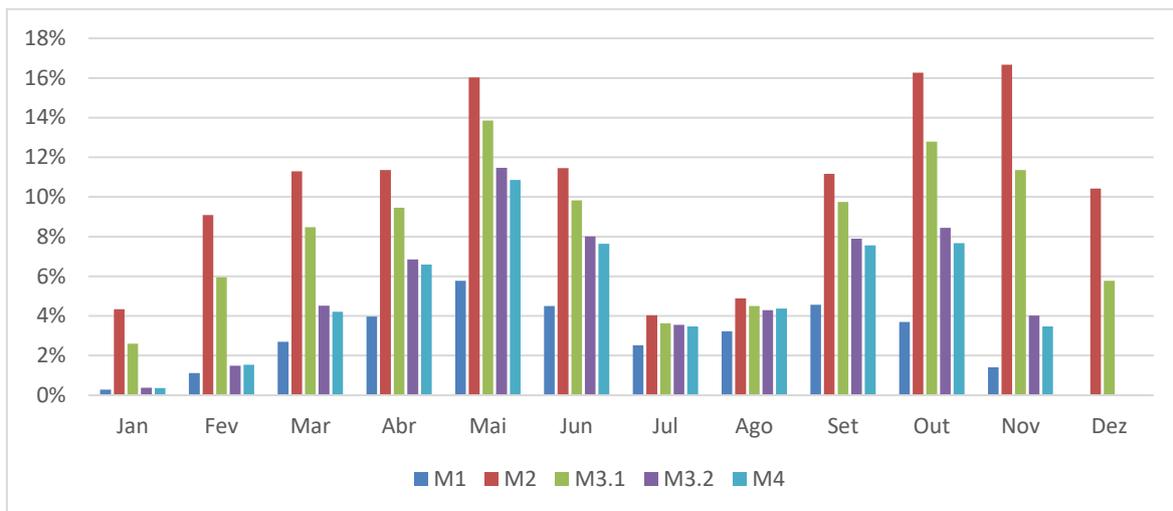


Figura 5.23. Desvio padrão em relação à energia efetivamente utilizada entre os 4 edifícios, para cada mês, para cada modelo a uma produção de 120 kWp.

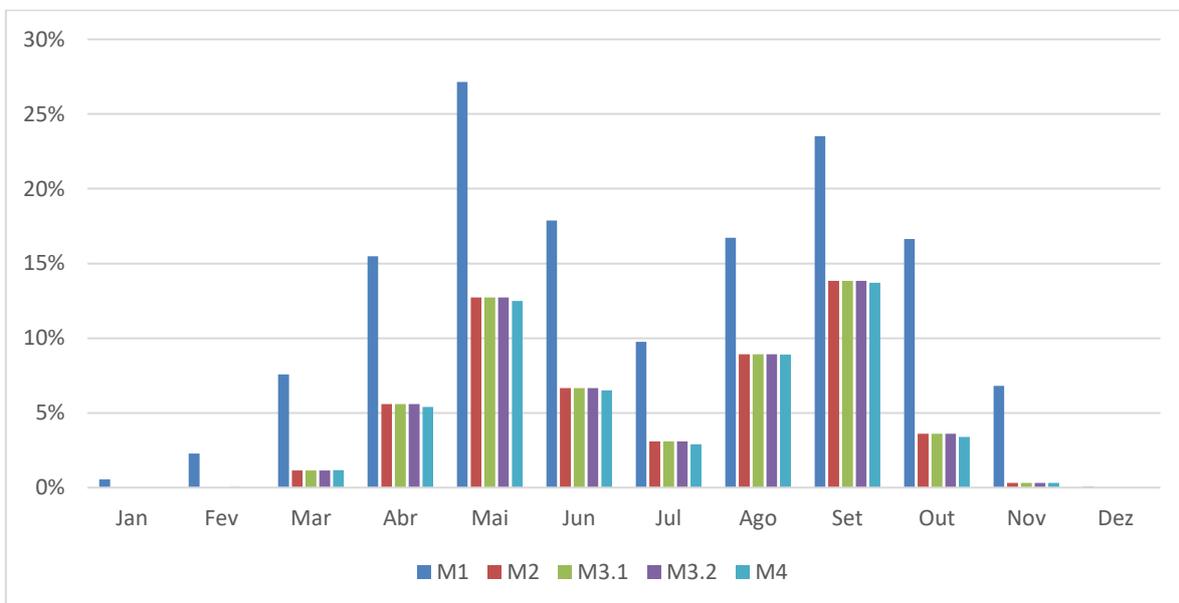


Figura 5.24. Distribuição da energia não utilizada percentual em cada mês, para cada modelo a uma produção de 120 kWp.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1. Conclusões

No início da presente dissertação, foi definido com objetivo o desenvolvimento de modelos de repartição de energia para uma comunidade de energia renovável, que garantissem uma utilização ótima da energia e com um bom desempenho ao nível da equidade na repartição pelos participantes na comunidade.

Como estudo de caso foi usada uma comunidade composta por duas UPAC instaladas em dois edifícios escolares, associadas a mais quatro edifícios autárquicos situados nas proximidades. Os excedentes de produção nos edifícios escolares são usados para distribuir pelos edifícios autárquicos associados, aplicando os modelos de partilha de energia apresentados nesta dissertação, sendo dois deles desenvolvidos no âmbito deste trabalho, de modo a corresponder ao objetivo exposto. Foram feitas simulações de aplicação dos modelos considerando três níveis de potência a instalar no conjunto das duas UPAC instaladas de 80 kWp, 100 kWp, 120 kWp. Foi feita no final uma análise comparativa do desempenho da aplicação dos modelos.

Os quatro modelos de repartição de energia usados neste trabalho, dois dos quais definidos no regulamento do autoconsumo coletivo, um deles com repartição fixa e o outro com repartição proporcional ao consumo. Os outros dois modelos, os modelos híbrido e dinâmico foram desenvolvidos nesta dissertação com base em dinamismos de partilha tendo em conta o consumo de cada participante e o excedente que se tenciona evitar injetar na rede.

Tendo como base os resultados das simulações realizadas, concluiu-se que tanto o modelo de repartição proporcional ao consumo, como os outros dois modelos são ótimos na utilização da energia excedentária a distribuir, uma vez que, em todos eles se obteve quantidades similares de energia efetivamente utilizada com uma energia injetada na rede em valores mínimos.

Em relação ao objetivo relacionado com a obtenção de uma boa equidade na repartição de energia entre participantes verificou-se bons resultados relativos à equidade na distribuição energética, que foi crescente com a aplicação do modelo 3.1, seguido do 3.2 e por fim do modelo M4.

Conseguiu-se desta forma, que a energia seja distribuída de forma mais equitativa pelos participantes, evitando uma certa discrepância na sua distribuição e evitando também desperdício de energia não utilizada e injetada na rede.

Contudo, todos os modelos de repartição têm vantagens e desvantagens dependendo da comunidade onde se inserem, pelo que é preciso ter em conta na comunidade, diversos fatores como por exemplo, o consumo dos participantes e a produção instalada da mesma.

Distinguindo agora cada modelo, pode-se aferir que com a aplicação do modelo de repartição fixa de energia, é injetada na rede uma quantidade de energia superior do que os restantes modelos.

No modelo proporcional ao consumo, a energia é distribuída com base no consumo de cada membro, ou seja, membros com maior consumo acabam por receber parcelas de energia superiores aos restantes membros de menor de consumo, o que apesar de minimizar a energia injetada na rede, origina uma grande desigualdade nos valores entregues a cada participante se os consumidores tiverem dimensões muito dispares.

Em relação ao modelo híbrido, consegue-se uma distribuição mais equitativa, visto que se procura utilizar o modelo de repartição fixo e o modelo de repartição proporcional ao consumo de forma híbrida, junto o melhor dos dois modelos, boa equidade (parte fixa), garantia de boa utilização da energia disponível (parte proporcional ao consumo).

Por fim, no modelo dinâmico de partilha, um modelo iterativo, a distribuição de energia é mais equitativa do que a do modelo híbrido, uma vez que em cada iteração é feita uma repartição em partes iguais da energia disponível para cada membro da comunidade num processo iterativo. O processo de distribuição para quando todos os participantes já não tiverem consumo para satisfazer ou já não houver energia para distribuir.

Conclui-se com a presente dissertação, que o modelo de partilha de energia que melhor otimiza a partilha de energia excedentária, evitando maiores desigualdades e maior injeção na rede, é o modelo M4 (modelo dinâmico de partilha de energia).

6.2. Trabalhos futuros

Futuramente, para se obter mais certezas à cerca dos modelos de repartição que foram desenvolvidos, poderá ser necessário testá-los noutra tipo de comunidades, com outras potências instaladas e outros perfis de consumo, para aferir que vantagens e desvantagens eventualmente podem suceder em cada um deles. Poderá ser sempre vantajoso prever outros modelos de partilha de energia, que consigam otimizar a partilha de energia atendendo a características específicas da comunidade onde se inserem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] – Diário da República. 2019. Diário da república n.º 162/2019, série 1 de 2019-10-25, pp. 45–62.

URL: <https://files.dre.pt/1s/2019/10/20600/0004500062.pdf>

[2] – República Portuguesa “ACORDO DE PARIS 2015 - 2020”, 2020, pp 19, 12 de dezembro 2020.

URL: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBQAAAB%2BLCAAAAAAABAAzNLA0tgQAr a2cKgUAAAA%3D>

[3] – Governo Português “PROGRAMA DO XXIII – GOVERNO CONSTITUICIONAL”, 2022.

URL: <https://www.portugal.gov.pt/gc23/programa-do-governo-xviii/programa-do-governo-xviii-pdf.aspx?v=%C2%ABmlkvi%C2%BB=54f1146c-05ee-4f3a-be5c-b10f524d8cec>

[4] – Manual Digital, Autoconsumo e Comunidade de Energia Renovável, Guia Legislativo, 2022.

URL: <https://www.adene.pt/wp-content/uploads/2022/11/Manual-Digital-Autoconsumo-e-Comunidade-de-Energia-Renovavel-Guia-Legislativo.pdf>

[5] – Diário da República n.º 15/2022, Série I de 2022-01-14.

URL: <https://files.dre.pt/1s/2022/01/01000/0000300185.pdf>

[6] – Diário da República n.º 206/2019, Série I de 2019-10-25, páginas 45-62.

URL: <https://files.dre.pt/1s/2019/10/20600/0004500062.pdf>

[7] – Margarida Ramires, “Autoconsumo e Comunidades de energia”.

[8] – João Crispim e José Gomes Mendes “Comunidades de energia renovável”, Fundação Mestre Casais, Ensaio para a Sustentabilidade, UMinho Editora.

[9] – “Regulamento do autoconsumo de energia elétrica”, ERSE, Abril 2021.

[10] – Regulamento de Acesso às Redes e às Interligações, ERSE.

URL: <https://files.dre.pt/2s/2014/12/246000000/3213032153.pdf>

[11] – Regulamento de Relações Comerciais, ERSE.

URL: <https://files.dre.pt/2s/2020/12/252000000/0006900233.pdf>

[12] – Diário da República nº 3/2023, Série II de 2023-01-11.

URL: <https://files.dre.pt/2s/2023/01/008000000/0027500362.pdf>

[13] – “Regulamento tarifário”, ERSE, Maio 2020.

URL: https://www.erse.pt/media/bhnpuida/articulado-rt-se_consolidado.pdf

[14] – ERSE “Tarifas E Preços Para A Energia Elétrica E Outros Serviços Em 2022 e Parâmetros Para O Período de Regulação 2022-2025”.

URL: <https://www.mobie.pt/documents/42032/96389/tarifas-e-pre%C3%A7os-2022.pdf/5dd5b50e-ded8-1f2a-6cc0-96fbdbc9dac?t=1641231082342>

[15] – Tarifas de acesso às redes, goldenergy.

URL: <https://goldenergy.pt/glossario/tarifa-acesso-redes/>

[16] – Estrutura Tarifária do Setor Elétrico em 2023, ERSE.

URL: <https://www.erse.pt/media/2dda4n2l/estrutura-tarif%C3%A1ria-se-2023-dez2022.pdf>

[17] – Manuel Maria de Sousa Dias Alves da Silva. Estimativa da Valia Económica da PRE no ano 2017. Tese de Mestrado. FEUP, julho de 2019.

URL: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/121869/2/346346.pdf>

[18] – Maria Carolina de Magalhães Bastos. Estimativa do Impacto da PRE no Custo de Produção de Energia Elétrica em 2019. Tese de Mestrado. FEUP, julho de 2021.

[19] – DGEG. Relatório Técnico e de Qualidade (RTQ). novembro de 2019.

URL: <https://participa.pt/contents/consultationdocument/RTQ.pdf>

[20] – João Manuel Lopes da Costa. Modulação de Comunidades Locais de Energia Renovável. Tese de Mestrado. ISEP, novembro de 2022.

URL:https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/22133/1/DM_JoaoCosta_2022_MEEC.pdf

[21] – Daniel José de Carvalho Galvão Medeiros Santana. Estudo para a Implementação de uma Comunidade de Energia Renovável. Tese de Mestrado. IPS, dezembro de 2022.

URL:<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/43317/1/Estudo%20para%20a%20Implementa%3%a7%3%a3o%20de%20uma%20Comunidade%20de%20Energia%20Renov%3%a1vel.pdf>

[22] – “Proposta de Reformulação do Regulamento do Autoconsumo”, ERSE, Março 2023.

URL: <https://www.erse.pt/media/ysdfweaa/regulamento-do-autoconsumo-documento-justificativo.pdf>

