

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



O Valor das Comunidades de Energia Renovável na Transição Energética

João Daniel Correia Brandão

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão

9 de outubro de 2023

Resumo

As alterações climáticas e o aquecimento global são dois dos grandes problemas que o mundo atravessa, sendo esta a altura crucial para mitigar os seus impactos e para lutar pela sustentabilidade do planeta. A aposta nas fontes de energia renovável é fundamental na transição para um futuro descarbonizado, sendo um dos principais pilares das políticas sustentáveis. Nestas é destacada a importância da produção descentralizada, que permite a produção em pequena escala, aproximando-a dos locais de consumo. Os cidadãos passam a poder produzir a sua própria energia, através de mecanismos de autoconsumo.

É neste contexto que surgem as Comunidades de Energia Renovável: aliam o autoconsumo aos benefícios sociais, potenciando os benefícios ambientais e económicos, e beneficiando produtores (ou *prosumers*), consumidores e as respetivas comunidades. As CER são mais um elemento para a descarbonização e indução de boas práticas. Este conceito conta com o contributo de uma série de medidas implementadas pela União Europeia no sentido de descarbonizar o planeta, indo ao encontro das várias metas traçadas em matéria de neutralidade climática.

Neste documento é realizado um enquadramento da conjuntura energética atual e são analisadas as legislativas europeias de promoção do uso de energias renováveis e aumento da eficiência energética, bem como a sua transposição para a legislação nacional. Portugal tem estado na vanguarda europeia da transição energética, tendo sido promulgados novos regimes jurídicos, de forma a incentivar a produção renovável e descentralizar a produção energética. Um grande passo foi dado com o Decreto-Lei n.º 162/2019, que reconhece e define os conceitos de Autoconsumo Individual, Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável.

A contribuição da presente dissertação surge no sentido de analisar e avaliar as legislações europeias e portuguesa em matéria de autoconsumo e promoção do uso de energias renováveis. Além disso, a elaboração desta dissertação pretende, ainda, validar os benefícios da implementação das CER e levantar as principais barreiras à sua proliferação. Para isso, foram analisados três casos de estudo com características diferentes e que demonstram a polivalência das CER: um ambiente industrial, um ambiente residencial com iniciativa dos seus moradores e um ambiente comunitário implementado num bairro social.

Palavras-Chave: Autoconsumo, Produção Descentralizada, Comunidades de Energia Renovável, Descarbonização, Licenciamento, Pobreza Energética.

Abstract

Climate change and global warming are two of the major problems facing the world and now is the crucial time to mitigate their impacts and fight for the planet's sustainability. The commitment to renewable energy sources is critical in the transition to a decarbonized future, being one of the main pillars of sustainable policies. These policies call for the importance of decentralized production, which allows small-scale production, bringing it closer to the places of consumption. Citizens are now able to produce their energy through self-consumption mechanisms. These highlight the importance of decentralized production, which allows small-scale production to be brought closer to consumption sites. Citizens can now produce their energy through self-consumption mechanisms.

It is in this context that Renewable Energy Communities emerge: they combine self-consumption with social benefits, enhancing environmental and economic advantages, and benefiting producers (or prosumers), consumers, and their communities. RECs are another element for decarbonization and inducing good practices. This concept contributes to a series of measures implemented by the European Union to decarbonize the planet, to reach the various targets set for climate neutrality.

This document provides a framework for the current energy situation and analyzes European legislation to promote the use of renewable energy and increase energy efficiency, as well as its transposition into national legislation. Portugal has been at the forefront of the European energy transition, with new legal regimes enacted to encourage renewable production and decentralize energy production. A significant step was taken with Decree-Law No.162/2019, which recognizes and defines the concepts of Individual Self-consumption, Collective Self-consumption, and Renewable Energy Communities.

This dissertation aims to analyze and evaluate European and Portuguese legislation on self-consumption and promotion of renewable energy use. In addition, this dissertation also seeks to validate the benefits of implementing RECs and identify the main barriers to their proliferation. For this, three case studies with different characteristics were analyzed, demonstrating the versatility of RECs: an industrial environment, a residential environment with the initiative of its residents, and a community environment implemented in a social neighborhood.

Keywords: Self-consumption, Decentralized Production, Renewable Energy Communities, Decarbonization, Licensing, Energy Poverty.

Agradecimentos

Este trabalho finaliza um percurso que não seria possível sem o apoio de muitas pessoas especiais.

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora, Professora Teresa Ponce de Leão, por todo o apoio e acompanhamento na realização deste trabalho. A sua partilha de conhecimentos, conselhos e oportunidades foram preponderantes para o sucesso deste trabalho. Estou grato pela oportunidade de ter trabalhado consigo. Agradeço, também, à Coopérnico, à Agência de Energia do Porto e à DST Solar pela colaboração e partilha de dados.

Aos meus pais, Carlos e Sílvia, o meu enorme obrigado pela educação e valores que me transmitiram e por todas as oportunidades que me proporcionaram. Não seria a pessoa que sou hoje sem o vosso suporte. Tenho-vos sempre no meu pensamento e quero que se sintam orgulhosos do filho que criaram. Sei bem o privilégio que é poder concluir o curso com todas as condições que tive. Espero, um dia, poder retribuir tudo o que fazem por mim.

Às minhas irmãs, Rita e Marta, agradeço todo o apoio e companhia ao longo dos anos. Rita, obrigado por me ires abrindo caminho, preparando-me sempre para o que vinha pela frente. Foi um prazer seguir (quase) sempre os teus passos e poder contar com o teu apoio. Marta, obrigado pela tua energia contagiável e forma descomplexada de ver a vida. Apesar de te dar muitas vezes na cabeça, não vivo sem ti e, mesmo nos piores momentos, acreditei sempre em mim.

Aos meus avós maternos, Arménio e Inês, e aos paternos, Alfredo e Filomena, o meu sincero obrigado por torcerem sempre por mim e serem as referências que são. Sei bem a sorte que tenho em vos ter a todos aqui presentes. É a vocês que vou buscar muitas das forças nos momentos mais difíceis e foram essenciais neste percurso.

À minha Mariana, agradeço o amor em estado puro e companheirismo de sempre. Tenho muita sorte em ter-te comigo. Esta dissertação também tem muito de ti e sem ti não teria conseguido chegar aqui. Obrigado por estares sempre lá para mim, por acreditares mais em mim do que eu próprio e por me fazeres ver sempre o lado bom da vida.

Ao Rui e ao Kiko agradeço todas as horas de estudo, esforço coletivo e memórias infindáveis. Desde que os nossos percursos se cruzaram, toda a experiência académica fez mais sentido.

Aos amigos do primeiro ano da FEUP, Gabriel, Girão e Hig, agradeço toda a ligação criada desde o primeiro dia e apoio constante, mesmo tendo seguido caminhos diferentes.

Ao Noites, Duarte, Riki e Rui (novamente), o meu obrigado por envergarem o espírito académico e por me lembrarem sempre que a vida é para ser aproveitada.

Aos meus amigos de infância, Alex e Dani, agradeço o apoio constante e o orgulho que demonstram no meu percurso.

A todos os restantes amigos, familiares, colegas e professores, o meu obrigado pelo vosso contributo no meu percurso.

João Brandão

*“Ever tried.
Ever failed.
No matter.
Try again.
Fail again.
Fail better.”*

Samuel Beckett

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contextualização e Motivação	1
1.2	Objetivos	4
1.3	Estrutura do Documento	4
2	Revisão Bibliográfica	7
2.1	Enquadramento	7
2.2	Legislação Europeia	9
2.2.1	Diretiva das Energias Renováveis III (RED III)	10
2.2.2	Pacote Energia Limpa para todos os Europeus	10
2.2.3	Pacto Ecológico Europeu - European Green Deal	11
2.2.4	RePowerEU	13
2.2.5	Missão “100 Cidades com Impacto Neutro no Clima até 2030”	15
2.2.6	Pacto dos Autarcas para o Clima e Energia	15
2.3	Legislação Portuguesa	16
2.3.1	Autoconsumo	16
2.3.1.1	Autoconsumo Individual	17
2.3.1.2	Autoconsumo Coletivo	17
2.3.2	Comunidades de Energia Renovável	20
2.3.2.1	Partilha de Energia	22
2.3.2.2	Modelos de Negócio	23
2.3.3	Plano de Recuperação e Resiliência - PRR	23
2.3.4	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)	24
2.3.5	Plano Nacional de Energia e Clima - PNEC	26
2.4	O estado das renováveis em Portugal	29
3	Comunidades de Energia Renovável	33
3.1	O problema do licenciamento em Portugal	33
3.2	Barreiras para a proliferação das CER	34
3.3	Soluções para remover as barreiras para a proliferação das CER	35
3.4	Pobreza Energética	36
3.5	Resposta das CER aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	41
3.6	Exemplos de Comunidades de Energia na Europa	43
3.6.1	Dinamarca	43
3.6.2	Alemanha	45
3.6.3	Países Baixos	46
3.6.4	Itália	47
3.6.5	França	48

3.6.6	Bélgica	49
3.6.7	Suíça	49
4	Casos de Estudo	51
4.1	Caso de Estudo: CER Alta de Lisboa	51
4.2	Caso de Estudo: CER Agra do Amial	57
4.3	Caso de Estudo: CER Grupo DST	66
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	69
5.1	Trabalhos Futuros	73
	Referências	75

Lista de Figuras

2.1	Países com maior número de emissões totais e <i>per capita</i> de GEE	9
2.2	Áreas abrangidas pelo <i>European Green Deal</i>	11
2.3	Áreas abrangidas pelo “ <i>Fit for 55 Package</i> ”	13
2.4	“ <i>Fit for 55 Package</i> ” como resposta à Lei Europeia do Clima	14
2.5	Exemplo de instalação de Autoconsumo Individual	17
2.6	Esquema de contagem para UPAC de potência instalada superior a 4 kW	19
2.7	Exemplo de instalação de Autoconsumo Coletivo através da rede interna	19
2.8	Exemplo de instalação de Autoconsumo Coletivo através da RESP	20
2.9	Esquema de instalação de uma CER	21
2.10	Potência elétrica instalada por fonte em Portugal entre 2013 e 2022	29
2.11	Contributo da energia renovável no consumo final de energia em 2021	30
2.12	Incorporação de energia renovável nos países da União Europeia em 2020	31
2.13	Taxa de crescimento da produção solar e eólica na Europa para cumprir a limitação do aquecimento global	31
3.1	População incapaz de manter a casa adequadamente quente na UE entre 2008 e 2018 (%)	38
3.2	Lista dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	42
3.3	Instalação do Parque Eólico de Middelgrunden	44
3.4	Instalação do Parque Eólico de Recklinghausen	46
3.5	Instalação do Parque Solar de Ameland	47
3.6	Comunidade de Energia Renovável em Villanovaforru	48
4.1	Imagem da instalação da CER Alta de Lisboa	52
4.2	Evolução do preço da fatura energética do condomínio da CER Alta de Lisboa	55
4.3	Preço médio da fatura energética por bloco da CER Alta de Lisboa	55
4.4	Vista aérea do Bairro de Agra do Amial	58
4.5	Energia produzida por mês na CER Agra do Amial	59
4.6	Média anual do comportamento horário da CER Agra do Amial	60
4.7	Comportamento médio diário durante o mês de julho da CER Agra do Amial	61
4.8	Distribuição da energia elétrica da CER Agra do Amial	61
4.9	Produção e Consumos para 73 habitações da CER Agra do Amial	62
4.10	Destino da Energia Produzida na CER Agra do Amial	62
4.11	Proveniência da Energia Consumida na CER Agra do Amial	63
4.12	Análise mensal dos consumos e produção da EB Agra do Amial	63
4.13	Consumos e Produções horárias da EB Agra do Amial	64
4.14	Vista aérea do Campus DST e delimitação das UPAC	66
4.15	Valores de ambas as UPAC relativos ao mês de abril 2023	67

4.16 Partilha de energia pela comunidade utilizando coeficientes proporcionais de partilha	68
4.17 Impacto da produção da CER grupo DST no consumo total da empresa	68

Lista de Tabelas

2.1	Fundo ambiental de apoio à concretização de CER e ACC	25
2.2	Comparação das medidas propostas na versão Preliminar e Revista do PNEC . .	28
3.1	Objetivos da Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Ener- gética	39
4.1	Painéis e Potência instalada por fase de instalação na CER Alta de Lisboa	53
4.2	Valores da fatura energética das partes comuns referentes a julho de 2018	54
4.3	Valor médio da fatura total do condomínio e poupança face ao valor médio de 2018	54
4.4	Redução das emissões de CO ₂ por fase de instalação da CER Alta de Lisboa . . .	56
4.5	Períodos da tarifa tri-horária diária	64
4.6	Preços do tarifário tri-horário de energia	65
4.7	Análise aos custos com energia na CER Agra do Amial	65

Abreviaturas e Símbolos

ACC	Autoconsumo Coletivo
AdE	Agência de Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CER	Comunidade de Energia Renovável
CIEG	Custos de Interesse Económico Geral
CO ₂	Dióxido de Carbono
CPE	Código de Ponto de Entrega
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DL	Decreto-Lei
DST	Domingos da Silva Teixeira, LDA
DTC	<i>Distribution Transformer Controller</i>
EB	Escola Básica
EGAC	Entidade Gestora do Autoconsumo
EnR	<i>European Energy Network</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EU	<i>European Union</i>
EUA	Estados Unidos da América
FV	Fotovoltaico
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IU	Instalação de Utilização
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
kWp	Quilowatt-pico
MAT	Muito Alta Tensão
MIBEL	Mercado Ibérico de Eletricidade
MT	Média Tensão
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
MWp	Megawatt-pico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMIE	Operador de Mercado Elétrico do MIBEL
ONU	Organização das Nações Unidas
ORD	Operador da Rede de Distribuição

PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
PNI	Plano Nacional de Investimentos
PRR	Plano de Recuperação e Resiliência
PT	Posto de Transformação
RED II	<i>Renewable Energy Directive II</i>
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
RND	Rede Nacional de Distribuição
RNT	Rede Nacional de Transporte
TAR	Tarifa de Acesso às Redes
tCO ₂	Toneladas de Dióxido de Carbono
TWh	Terawatt-hora
UE	União Europeia
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre a dissertação. A Secção 1.1 começa por referir a motivação e a pertinência do tema. A Secção 1.2 apresenta os objetivos do trabalho e as perguntas a que este pretende dar resposta. Por fim, é apresentada a estrutura deste documento na Secção 1.3.

1.1 Contextualização e Motivação

Um dos principais desequilíbrios na sustentabilidade do planeta é o consumo de energia de origem fóssil com emissões poluentes. A descarbonização surge como uma solução vital para reverter esse cenário preocupante, exigindo mudanças fundamentais na forma como produzimos, distribuímos e utilizamos a energia [1].

Para lá da necessidade de mudança para um *mix* energético mais limpo e diversificado, a recente espiral de aumentos do preço da energia e do gás provocada, primeiro, pela pandemia COVID-19 e, depois, pela invasão da Rússia à Ucrânia, sobressaltou o mundo, originando perturbações no mercado mundial de energia. Os preços da energia na União Europeia (UE) atingiram níveis recorde em 2022, na sequência da decisão da Rússia de suspender o fornecimento de gás a alguns Estados-Membros da UE. Também as ondas de calor durante o verão provocaram uma pressão adicional nos mercados de energia, quer sob a forma de acréscimo de procura para arrefecimento, quer pelos efeitos de seca e consequente redução da oferta hidroelétrica [2].

A União Europeia tem, desde 1996, adotado medidas com vista à criação de um mercado interno de energia mais competitivo, liberalizado, centrado nos clientes, flexível e não discriminatório, com preços de fornecimento baseados no mercado [3]. O mercado da eletricidade em Espanha e Portugal (MIBEL) é um Mercado Europeu, sendo o Operador de Mercado, OMIE, o responsável pelo desempenho da função regulada do acoplamento deste mercado com o resto da Europa [4]. O seu funcionamento baseia-se num processo de leilão para o dia seguinte no qual se faz o encontro das propostas de compra e venda, resultando numa forma economicamente eficiente de alocar a produção à carga. Assim, as centrais são acionadas de acordo com o custo marginal de produção, priorizando as centrais mais eficientes e mais baratas. O preço da energia no mercado é

influenciado por esse despacho, pois todas as centrais são remuneradas com base no valor definido pela central com custo marginal mais alto entre as despachadas [5].

Os mercados de energia têm enfrentado desafios sem precedentes na última década, especialmente devido ao rápido crescimento da produção a partir de fontes de energia renovável e à difusão da produção distribuída [6]. Desde a invasão russa da Ucrânia e a crise energética daí resultante, a estrutura do mercado da energia da UE tem sofrido profundas mudanças estruturais [2].

Em resposta a estas dificuldades, a Comissão Europeia apresentou o Plano RePowerEU, que consiste numa panóplia de medidas financeiras e jurídicas que permitirão criar um novo sistema energético assente na poupança energética, na produção de energia limpa e na diversificação do abastecimento energético [7]. As novas realidades geopolíticas e do mercado da energia exigem uma aceleração drástica da transição para as energias limpas, estimulando os investimentos avultados nas energias renováveis.

É neste contexto que surgem as Comunidades de Energia Renovável (CER), que são entidades legais, constituídas pela adesão voluntária e aberta dos seus membros e controladas por estes. As CER são um conceito que tem vindo a ganhar notoriedade e têm tido um rápido crescimento, precisamente devido à necessidade de acelerar a transição energética e a segurança de abastecimento na Europa. Estas comunidades colocam a transição energética nas mãos dos cidadãos, tendo estes um papel importante no combate às alterações climáticas, e contribuem para um novo equilíbrio entre as economias locais e a economia global, fomentando a democracia energética, a redução da pobreza energética e a promoção de boas práticas energéticas junto das comunidades [8]. São, por si só, capazes de atrair investimento privado e financiamento para as energias renováveis [9] e maximizar o uso eficiente da rede [10]. Estudos efetuados mostram que as CER conseguem aumentar a aceitação pública para a instalação de fontes de energia renovável, enquanto criam fontes alternativas de receitas e empregos ecológicos [11].

Além disso, as CER têm como objetivos principais o fornecimento de benefícios ambientais, económicos e sociais aos seus membros e às comunidades anexas, em vez de lucros financeiros da entidade fornecedora de energia [12].

A nível social, as CER podem constituir um pilar da transição energética junto dos cidadãos, envolvendo-os na discussão de problemas energéticos e ambientais, fomentando valores comunitários. Permitem alterar comportamentos no seio da comunidade, especialmente no que toca ao consumo de energia. Podem, também, ser um importante meio de combate à vulnerabilidade e pobreza energética. As comunidades de energia são, também, exemplos para outras comunidades [13].

A nível ambiental, as CER contribuem para a disseminação das fontes de energia renovável, reduzindo a dependência energética de energias fósseis e, consequentemente, a pegada carbónica, contribuindo para o cumprimento dos objetivos estratégicos de 2030 e 2050 [13].

A nível económico, permitem reduzir os custos com energia para os consumidores, apostando na inovação e desenvolvimento de novas soluções e modelos de negócio. Também permitem a diminuição de perdas na rede de distribuição e transmissão, uma vez que aproxima a produção do consumo local. Permitem ganhos para as comunidades próximas da instalação quer pela produção

de energia, pela venda à rede ou pelo aluguer de terrenos, criando novos postos de trabalhos para a montagem e manutenção das novas centrais de produção. Além disso, permitem reforçar a segurança e resiliência dos sistemas de energia, reduzindo as disparidades regionais enquanto apoiam a economia local [13].

Assim, as CER podem ser a chave para um futuro descarbonizado e sustentável, produzindo energia verde, limpa e livre de carbono para benefício da comunidade local. Estas comunidades não são apenas indicadas para as pequenas aldeias, nas quais é difícil ganhar escala para grandes centrais de produção fotovoltaica, mas, também, para as grandes cidades em que é difícil haver espaço para a criação de grandes parques fotovoltaicos ou eólicos e onde os telhados e coberturas de vários edifícios podem servir de base para a produção fotovoltaica de uma CER [14].

A aplicação das CER a ambientes rurais também pode ser altamente vantajosa, principalmente se forem apoiadas por cooperativas de energia [15]. As áreas rurais têm um grande potencial devido ao espaço disponível para desenvolver projetos de energia renovável, permitindo o envolvimento de autoridades locais e políticas com o objetivo comum do desenvolvimento rural e da modernização das explorações agrícolas, garantindo que estas áreas não são deixadas para trás na transição energética [16]. Precisamente no setor da agricultura, a criação de CER pode trazer grandes benefícios, aliando o conceito da circularidade com o sentido de comunidade, otimizando os recursos e os fluxos de energia através do aproveitamento das fontes de energia disponíveis [17].

As CER seguem o lema "pensar globalmente, agir localmente", potenciando a energia local através da integração efetiva dos diferentes setores e do envolvimento comunitário [10]. Estas comunidades têm o potencial para reduzir a dependência nos sistemas de energia nacionais, podendo até, em alguns casos, tornarem-se autossuficientes, providenciando a flexibilidade e segurança necessárias para o fornecimento de energia. Têm, também, o poder de tornar os cidadãos mais conscientes dos seus gastos de energia, contribuindo para o aumento da eficiência energética, bem como para a redução de emissões de CO₂. [10]

O governo português subscreveu a diretiva europeia para as Energias Renováveis em Diário da República (DL N.º 162/2019, de 25 de outubro), definindo o termo “Comunidades de Energia Renovável”, reconhecendo o contributo destas para o cumprimento das metas e objetivos de Portugal em matéria de energia e clima [18]. O Decreto-Lei N.º 15/2022 veio reforçar a abertura do sistema energético para a introdução destas comunidades, facilitando juridicamente a sua atividade.

Estudar o impacto que uma variante tão promissora tem no sistema de energia e contribuir para o desenvolvimento e propagação deste conceito em Portugal é, sem dúvida, bastante desafiante e motivador. As CER podem assumir o papel de protagonistas na transição energética e serem “*game-changers*” na luta pela sustentabilidade do planeta.

Esta dissertação é precisamente sobre contextualizar estas comunidades no panorama energético europeu e nacional, avaliar o seu impacto no sistema, apresentar os seus benefícios e projetar formas de os maximizar, bem como detetar as barreiras existentes à sua proliferação e propor formas de as ultrapassar.

1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é avaliar o valor das Comunidades de Energia Renovável para o cidadão e para o Sistema de Energia.

De forma a contextualizar as CER no panorama energético atual, será apresentada uma análise ao horizonte europeu, em que se pretende verificar de que forma os planos lançados pela União Europeia podem ajudar a impulsionar as CER e a cumprir os objetivos ambientais para 2030 e 2050.

A nível nacional, importa analisar de que forma a legislação portuguesa tem subscrito as diretivas europeias e se as medidas adotadas estão alinhadas com o cumprimento dos objetivos europeus em matéria de energia e clima. É, também, pretendido avaliar de que forma os governos podem ajudar o desenvolvimento e implementação das CER, através de uma legislação mais *eco-friendly* e regulamentação menos morosa.

Outro dos principais objetivos passa por elencar os benefícios que uma CER pode ter para os seus participantes e apresentar formas de maximizar esses ganhos, bem como detetar barreiras ainda existentes para a disseminação destes projetos e propor formas de as ultrapassar, melhorando as práticas para o desenvolvimento das CER.

Tenciona-se, ainda, detetar os impactos da implementação de Comunidades de Energia Renovável no sistema energético nacional e inferir as repercussões que um crescente número de comunidades pode ter na rede.

Para isso, serão abordados três casos de estudos com particularidades diferentes, nomeadamente, o contexto: industrial ou habitacional. Pretende-se, mediante as vantagens que as CER trazem para o Sistema de Energia, estudar o impacto que a implementação de unidades fotovoltaicas teve em cada caso, não só na redução do consumo e dos custos de energia, mas também a nível do impacto ambiental, nomeadamente, na redução de emissões de CO₂.

Assim, é objetivo do trabalho dar resposta às seguintes questões de investigação:

- Quais as vantagens de uma CER para os utilizadores?
- Quais as vantagens de uma CER para o Sistema de Energia?
- Quais os impactos ambientais de uma CER?
- Qual o impacto da automatização da gestão da produção renovável?
- Qual o comportamento das CER em estudo, nomeadamente, em termos de eficiência energética e dos impactos no Sistema de Distribuição?

1.3 Estrutura do Documento

Para além da Introdução, esta dissertação contém mais 4 capítulos.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica abordando as legislativas europeias de incentivo à aposta nas energias renováveis, bem como a legislação portuguesa, no que concerne ao

sistema elétrico nacional, especificamente, como são vistas pela lei as unidades de autoconsumo e consumo coletivo. Nesta secção são, ainda, analisados os planos de apoio à descarbonização e à transição energética.

No Capítulo 3 são abordados alguns tópicos anexos às CER, como a pobreza energética ou o licenciamento, bem como identificadas barreiras à sua proliferação e sugeridas formas de as ultrapassar. Por fim, são apresentados exemplos de casos de sucesso de aplicação de Comunidades de Energia Renovável na Europa.

No Capítulo 4 são apresentados os três casos de estudo analisados: CER Alta de Lisboa, CER Agra do Amial e CER Grupo DST.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado e sugeridos tópicos para a continuação deste trabalho futuramente.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentado um enquadramento das Comunidades de Energia Renovável no panorama atual (Secção 2.1), bem como uma investigação sobre as políticas europeias que promovem o uso de energias renováveis e a implementação das CER (Secção 2.2). É, ainda, na Secção 2.3, apresentada a legislação portuguesa nas matérias de autoconsumo de energia e os principais planos que promovem as comunidades energéticas em Portugal. Na Secção 2.4 é feito um diagnóstico da incorporação de energia proveniente de fontes renováveis em Portugal.

2.1 Enquadramento

Os últimos anos têm sido prolíferos em acontecimentos preocupantes para a sociedade e que afetam o nosso presente e futuro, demonstrando o ambiente de elevados riscos em que vivemos. O aquecimento global e as alterações climáticas são os dois problemas mais desafiantes que a humanidade enfrenta atualmente [19]. Estes não são fruto das políticas atuais, mas de políticas passadas e despreocupadas com a sustentabilidade do planeta. Além disso, são problemas que ultrapassa a esfera ambiental, sendo uma emergência política e humanitária, urgindo medidas que reduzam as emissões de Gases de Efeitos de Estufa (GEE) [20].

O Acordo de Paris, assinado em 2015 pelos líderes de 196 países, impôs um plano de ação para limitar o aquecimento global. Os governos acordaram em manter o aumento da temperatura média mundial abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e em encetar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C [21]. Para isso, cada país implementou uma série de medidas para a redução de emissões de Gases de Efeito de Estufa, pretendendo atingir este objetivo até meio do século. Ficou definido o funcionamento do acordo em ciclos de 5 anos, com objetivos progressivamente mais ambiciosos a serem implementados pelos países, o que resulta em transformações económicas e sociais. Este acordo foi um marco histórico, uma vez que, pela primeira vez, um número tão alargado de nações se predispôs a esforços ambiciosos para combater as alterações climáticas e os seus efeitos. Ficou, ainda, selada a solidariedade diplomática, com os países desenvolvidos a oferecerem apoio financeiro, técnico e construtivo aos menos desenvolvidos [22].

A União Europeia e todos os seus Estados-Membros assinaram e corroboraram o Acordo, comprometendo-se a reduzir as suas emissões em pelo menos 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990, e atingir a neutralidade carbónica em 2050, colocando-se na “*pole-position*” para se tornarem na primeira economia e sociedade a atingi-lo [22]. Para isso, foram implementadas uma série de legislações, como o European Green Deal ou a diretiva das Energias Renováveis (EU 2018/2001), que procuram tornar a economia europeia mais sustentável, acelerando a transição energética para as energias renováveis, de onde saíram beneficiadas as CER.

No entanto, os dados recolhidos até agora não são animadores, sendo que as emissões carbónicas nunca foram tão elevadas na história da humanidade quanto na década 2010-2019. Segundo o relatório do IPCC, a ambiciosa meta de não elevar a temperatura do planeta mais de 1,5°C face a valores pré-industriais vai ser ultrapassada no início da década de 2030 [23]. Mantendo este ritmo e sem a adoção de medidas mais restritas, a previsão é de que a temperatura global média aumente cerca de 3,2°C até ao fim do século, mais do dobro do acordado em Paris [23]. Esta perspetiva também é corroborada por outro estudo, que, através de métodos de *machine learning* baseados em mapas de históricos de temperaturas, confirma que o aquecimento global já está prestes a atingir o limite de 1,5°C e estima que, mesmo com uma mitigação substancial das emissões de GEE, haja a possibilidade de não manter o aumento da temperatura global abaixo do limite de 2°C [24].

Também a Agência Internacional de Energia reconhece dificuldades no cumprimento do objetivo de limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, defendendo que, para tal, se deve triplicar a energia renovável instalada até 2030. Uma expansão da capacidade renovável nesta escala evitaria cerca de 7 milhares de milhões de toneladas de emissões de CO₂ entre 2023 e 2030, o que seria comparável à eliminação de todas as emissões atuais de CO₂ do setor de energia da China [25].

A China é, de resto, o país com maiores emissões de GEE, seguido dos Estados Unidos da América (EUA) e da Índia [26]. Na figura 2.1 são apresentados os países com mais emissões totais e *per capita* de GEE para a atmosfera. A União Europeia aparece na quarta posição da tabela, no entanto, tem feito esforços e colocado metas ambiciosas para a descarbonização. O mesmo não se pode dizer dos três países que ocupam o pódio [26].

Entre 1990 e 2021, as emissões da China e da Índia aumentaram, devido ao aumento do consumo associado ao aumento do nível de vida e ao desenvolvimento industrial. Parte dessas emissões foram importadas pela Europa. Contudo, é importante referir que em emissões por habitante a China e a Índia não são os maiores poluidores, mas sim os EUA [26].

Um dos receios atuais da discrepância de medidas entre a UE os outros países é a criação de uma forte rejeição das políticas verdes, uma vez que a indústria europeia está a perder competitividade face a países com medidas menos restritivas, como é o caso dos Estados Unidos.

Assim, é importante que os restantes países acompanhem o ritmo europeu no combate às alterações climáticas. As medidas impostas até agora são insuficientes, sendo necessárias medidas e ações mais extremas, de forma a dar passos no caminho de atingir a neutralidade carbónica. Uma vez atingida a neutralidade carbónica, a temperatura do planeta estabilizará [23].

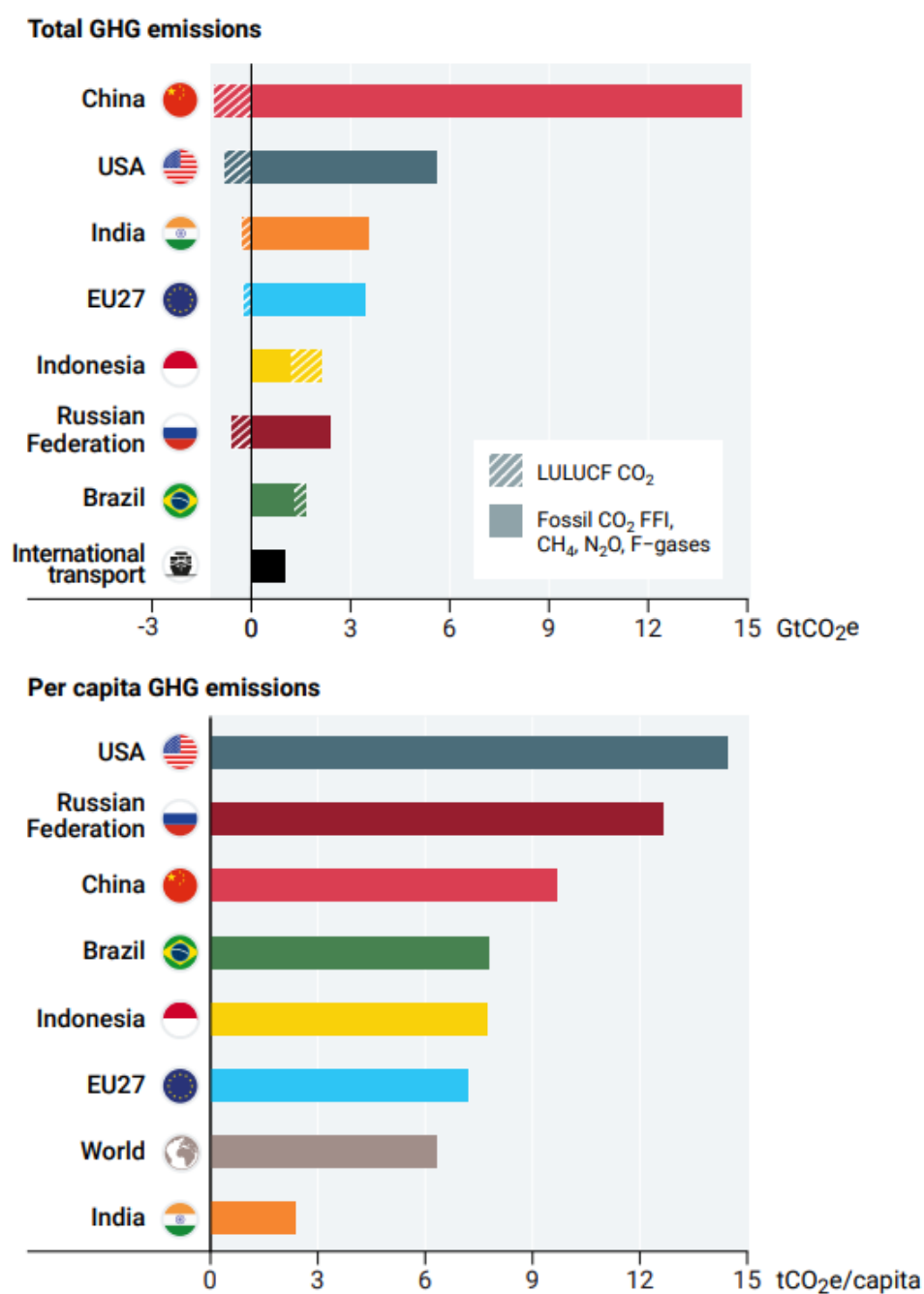


Figura 2.1: Países com maior número de emissões totais e *per capita* de GEE [26]

2.2 Legislação Europeia

A União Europeia implementou uma série de leis e regulamentos que promovem o desenvolvimento das Comunidades de Energia Renovável dentro dos seus Estados-Membros. Algumas delas serão abordadas nas próximas subsecções.

Para além de leis e regulamentos, a União Europeia também fornece financiamento e apoio a

projetos de energia renovável através de programas de financiamento e apoio do Banco Europeu de Investimento. Estas iniciativas podem ser acedidas por comunidades de forma a impulsionar o desenvolvimento dos seus projetos.

2.2.1 Diretiva das Energias Renováveis III (RED III)

A Legislação Europeia em matéria de promoção das energias renováveis sofreu uma grande evolução nos últimos anos. A Diretiva das Energias Renováveis II (RED II) foi aprovada em 2018 e estabeleceu o quadro geral da UE para a promoção do uso de energia renovável, incluindo incentivos às Comunidades de Energia Renovável, exigindo que os Estados-Membros estabeleçam uma estrutura regulatória para o desenvolvimento de projetos de energia renovável [27]. Inicialmente, este quadro legal estabelecia uma meta de 32% de energia proveniente de fontes renováveis na União Europeia para 2030, sendo que essa meta, em 2021, foi revista em alta e fixada nos 40% [28]. Foi ainda previsto pela diretiva a isenção de taxas e encargos para pequenas instalações de autoconsumo (até 30 kW) e a possibilidade de as comunidades produzirem, armazenarem e venderem o excesso de produção [28].

Se bem implementada e transposta para a lei de cada país, esta diretiva tem potencial para acelerar uma transição energética mais justa e sustentável, facilitando a difusão das comunidades de energia [29]. A transposição desta diretiva para a legislação de cada Estado-Membro pode variar bastante, na medida em que cada um apresenta diferentes prioridades na sua visão para a transição energética. Consequentemente, as CER diferem bastante entre diferentes países, fruto de fatores geográficos, culturais, económicos e políticos. No entanto, cada Estado-Membro deve garantir um contexto regulatório favorável à implementação de iniciativas comunitárias de larga escala, removendo barreiras regulatórias não fundamentadas e garantindo o acesso de todos os consumidores a este tipo de iniciativas [29].

Em março de 2023, foi aprovada uma atualização a esta diretiva, dando mais um passo no sentido de atingir a independência europeia dos combustíveis fósseis, surgindo a **Diretiva das Energias Renováveis III (RED III)**. Foi selado o acordo de aumentar a meta de produção de energia renovável para 42,5% em 2030, com a ambição de chegar aos 45% (valor proposto pela Comissão) [30]. O acordo reafirma a determinação da União Europeia na procura pela sua independência energética. Ficou, também, definida a simplificação dos processos de licenciamento de projetos renováveis ao abrigo da nova legislação, reconhecendo as energias renováveis como um assunto de interesse público primordial. Nas áreas com elevado potencial renovável e baixos riscos ambientais, os Estados-Membros irão criar áreas dedicadas à aceleração renovável (chamadas "go-to-areas"), com processos de licenciamento particularmente rápidos e simples. O acordo impõe, também, um valor de consumo energético renovável de 49% nos edifícios até 2030 [30].

2.2.2 Pacote Energia Limpa para todos os Europeus

No seguimento do Acordo de Paris, a Comissão Europeia apresentou o Pacote Legislativo "Energia Limpa para todos os Europeus" com o objetivo de promover a transição energética na

década 2021-2030, tendo em vista o cumprimento do acordo realizado e, simultaneamente, o crescimento económico e a criação de emprego [31].

Este pacote introduz, para lá dos direitos energéticos individuais dos cidadãos europeus, os direitos energéticos dos cidadãos organizados coletivamente em comunidades energéticas, desde que cumprindo certas restrições geográficas. No entanto, o critério de proximidade geográfica não foi especificado, o que levou a diferentes interpretações por parte dos Estados-Membros [29].

Este pacote prevê que todos os Estados-Membros elaborem e apresentem à Comissão Europeia um Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC) para o horizonte 2030, estabelecendo metas e objetivos no que toca às emissões de GEE, energias renováveis, eficiência energética, segurança energética, mercado interno, investigação, inovação e competitividade. O PNEC será o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030 [31].

2.2.3 Pacto Ecológico Europeu - European Green Deal

O Pacto Ecológico Europeu é um conjunto de iniciativas políticas da União Europeia com o objetivo de tornar a Europa no primeiro continente climaticamente neutro até 2050. Este plano, aprovado em 2020, inclui uma série de medidas nos diferentes setores (figura 2.2) para reduzir as emissões de Gases de Efeitos de Estufa, aumentar o uso de energia renovável e proteger a biodiversidade [32].

O Pacto Ecológico Europeu estabeleceu o roteiro para a transformação energética europeia, criando os alicerces da economia do futuro, com estratégias de referência relativas à biodiversidade, à economia circular, à poluição zero, à mobilidade sustentável e inteligente, ao hidrogénio, às baterias, à energia de fontes renováveis e a muitos outros domínios, tendo sido disponibilizados recursos sem precedentes para apoiar esta transição [33].

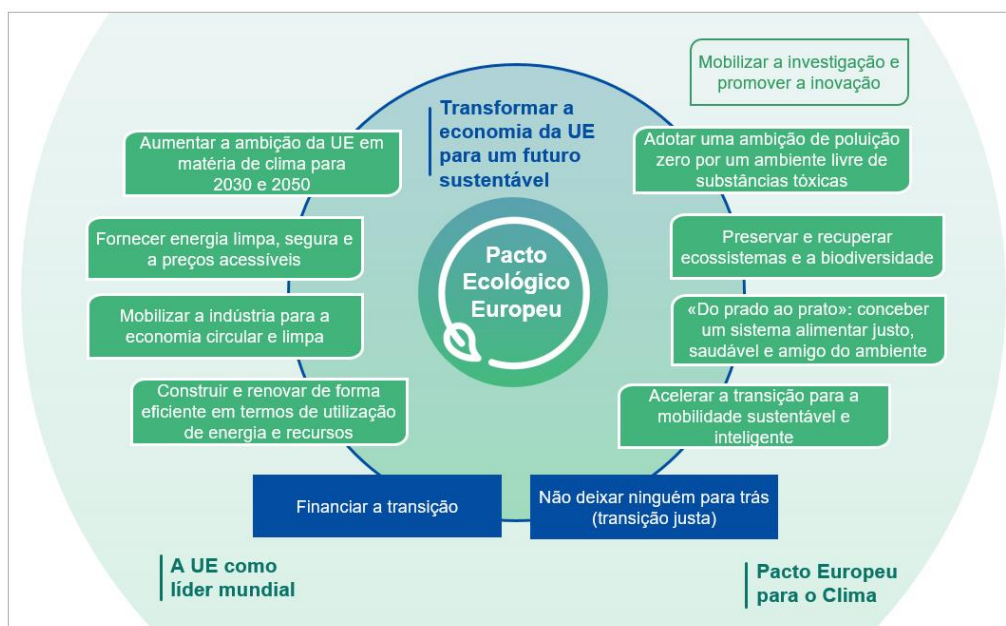


Figura 2.2: Áreas abrangidas pelo *European Green Deal* [32]

Deste pacto surgiu o "*Fit for 55 Package - Pacote Objetivo 55*", que consiste no mais abrangente conjunto de propostas que a Comissão Europeia alguma vez apresentou sobre o clima e a energia e visa preparar a União Europeia para atingir o objetivo de reduzir as emissões líquidas de Gases de Efeito de Estufa em, pelo menos, 55% até 2030 e realizar a reestruturação necessária da sociedade, da economia e da indústria [34].

Este conjunto de medidas foi submetido a Conselho Europeu em julho de 2021, tendo sido revisto em dezembro de 2022 e cimenta a posição da UE como líder mundial da luta contra as alterações climáticas [35].

O pacote inclui medidas em diversas áreas (figura 2.3), apresentando, entre outras, propostas para:

- Aumentar o uso de energias renováveis: o Conselho Europeu concordou em definir a meta de 40% de energia renovável em 2030, o que motivou uma revisão da diretiva das energias renováveis e que irá, também, impor alterações nos Planos Nacionais de Energia e Clima de cada Estado-Membro, de forma a atingirem coletivamente esta meta;
- Reduzir o consumo de energia: foi definida uma meta de redução de 39% de energia a consumidores finais e de 36% para consumo de energia primária em 2030, o que corresponde a uma redução de 9% comparando com os objetivos de 2020;
- Aumentar a eficiência energética dos edifícios, impondo duas novas regras: todos os novos edifícios devem ser "*zero emission buildings*" em 2030 e todos os edifícios existentes devem ser transformados em "*zero emission buildings*" até 2050.

Como mencionado em 2.2.1, em março de 2023, foi atingido um acordo provisório entre o Parlamento Europeu e o Conselho Europeu que visa o reforço dos objetivos e metas europeias em questão de renováveis. Este acordo eleva o objetivo de produção renovável para 42,5% para 2030, sendo mais um passo dado em direção ao cumprimento da redução de 55% das emissões de GEE até 2030. Foram, também, acordadas medidas de simplificação de processos de licenciamento de novos projetos renováveis, de forma a atingir a desejada meta [30].

O "*Fit for 55 Package*" pretende, assim, dar resposta à Lei Europeia do Clima e fazer cumprir os objetivos em matéria de neutralidade carbónica. As medidas propostas pretendem acelerar a redução de emissões em três grandes setores: Transportes, Edifícios e Energia. Na figura 2.4 encontra-se representada a correspondência entre as medidas deste pacote e a Lei Europeia do Clima.

O setor dos Transportes é um dos mais difíceis de renovar, tendo as emissões permanecido estagnadas na última década. Para alterar isso, é importante a imposição de normas de emissão de CO₂ mais severas para novos veículos, uma revisão de regras para infraestruturas de combustíveis alternativos e uma nova legislação sobre combustíveis para aviação e transporte marítimo [36]. No sentido de descarbonizar a mobilidade na Europa e cumprir os objetivos definidos no "*Fit for 55 Package*", foi recentemente aprovado um novo Regulamento para as Infraestruturas de Combustíveis Alternativos (AFIR), que pretende aumentar o número de estações públicas de

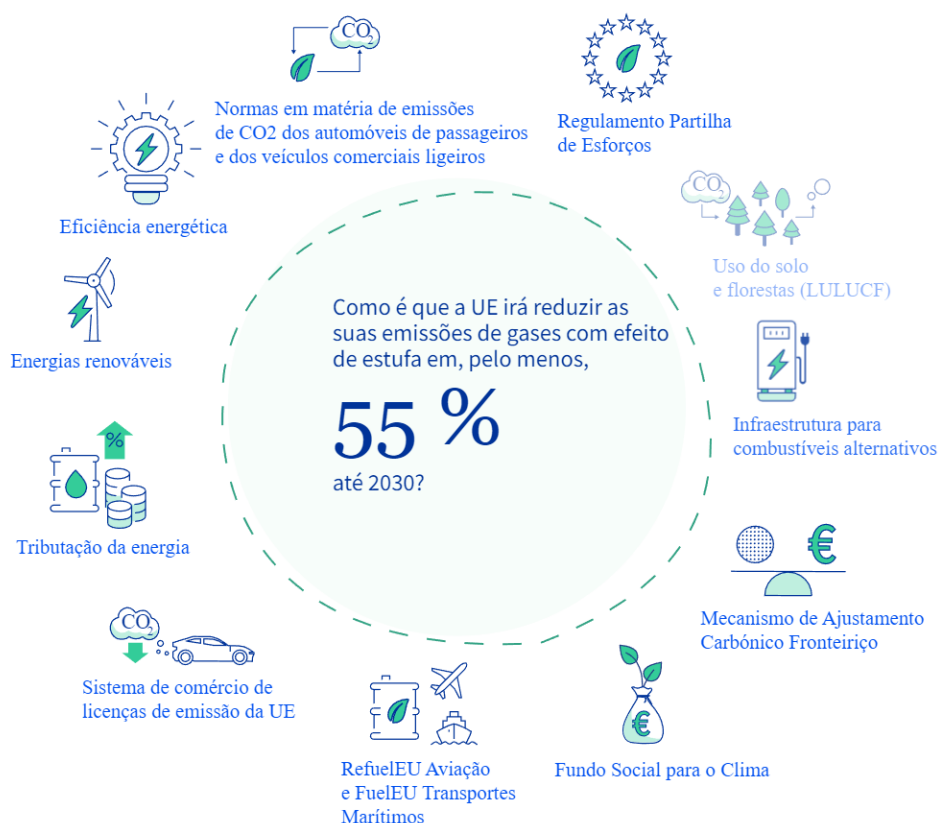


Figura 2.3: Áreas abrangidas pelo “Fit for 55 Package” [34]

carregamentos elétricos e de abastecimento de hidrogénio, particularmente, nas principais rotas de transporte europeias [37].

A temática de Energia é a que concentra a grande parte das medidas deste pacote. As principais medidas são a incorporação dos 42,5% de energia proveniente de fontes renováveis até 2030 e uma redução substancial do consumo de energia primária e final. Também são consideradas medidas como o aumento do preço do carbono e uma revisão da Diretiva da Tributação da Energia de forma a impulsionar a implementação de energias renováveis e melhorias na eficiência energética [36]. Em matéria de Edifícios, é pretendida aumentar a eficiência energética dos mesmos e rever a Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios [36].

2.2.4 RePowerEU

O plano RePowerEU foi criado pela Comissão Europeia, como resposta à invasão da Rússia à Ucrânia, de forma a transformar o sistema energético europeu e terminar com a dependência da UE aos combustíveis fósseis russos, evitando uma crise climática. As medidas deste programa passam pela poupança de energia, diversificação de fontes de energia e aceleração da passagem para as renováveis, substituindo as fósseis em casas, na indústria e na produção de energia. Esta

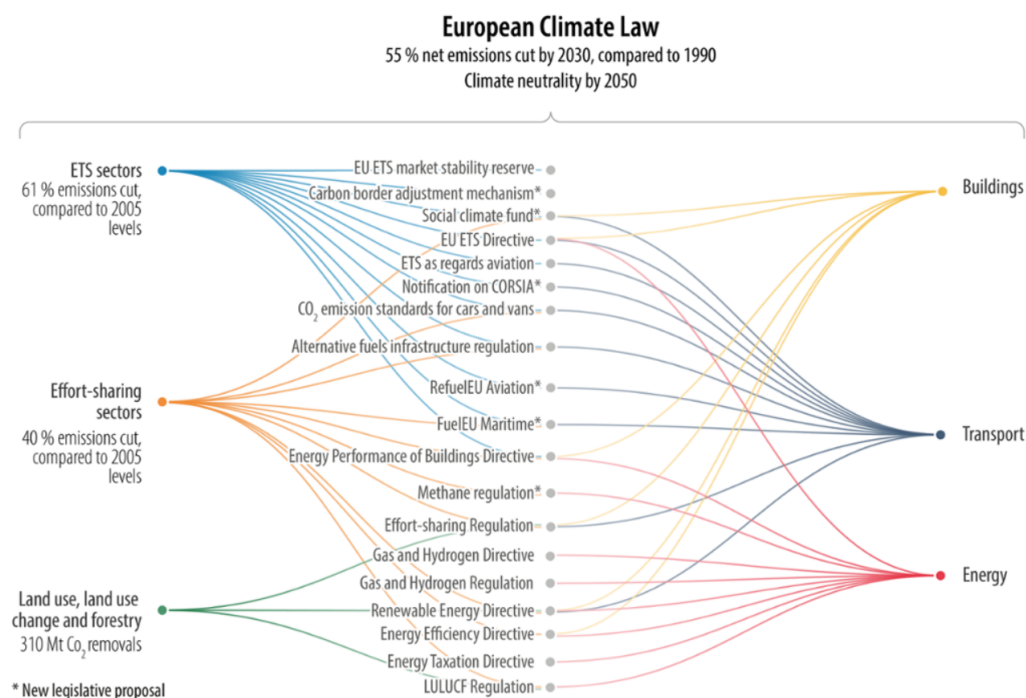


Figura 2.4: “Fit for 55 Package” como resposta à Lei Europeia do Clima [36]

transformação verde irá fortalecer o crescimento económico, a segurança e a ação climática da Europa e dos seus Estados-Membros [7].

No que toca à poupança energética, foram implementadas medidas de longo termo, incluindo um aumento de 9% para 13% da meta vinculativa da Eficiência Energética presente no pacote de medidas do European Green Deal. Foi, também, bastante incentivado o uso de novas formas de energia, como o hidrogénio verde, e fomentado o uso de energias renováveis.

Integrada como parte do plano REPowerEU, foi desenvolvida a Estratégia Europeia para a Energia Solar, que visa o reforço da capacidade fotovoltaica instalada, com benefícios ambientais e económicos para os cidadãos. Algumas das medidas que, consequentemente, também são um incentivo às comunidades de energia são [38]:

- Estratégia Solar para duplicar a capacidade fotovoltaica até 2025 e instalar 600 GW até 2030;
- Obrigação legal de instalar painéis solares nos telhados de novos edifícios públicos, comerciais e residenciais;
- Simplificação dos processos administrativos de aprovação de grandes projetos renováveis.

Ficou, também, registada a promessa de cooperação entre a União Europeia e os seus Estados-membro para [38]:

- Eliminar os obstáculos administrativos para extensões de sistemas já instalados;

- Criar pelo menos uma Comunidade de Energia Renovável em cada município com mais de 10 000 habitantes até 2025;
- Assegurar que os consumidores mais vulneráveis e em situação de pobreza energética têm acesso a energia solar, através de instalações em bairros sociais, comunidades de energia ou apoios financeiros a instalações individuais.

2.2.5 Missão “100 Cidades com Impacto Neutro no Clima até 2030”

A missão "100 Cidades com Impacto Neutro no Clima até 2030" pertence ao programa de inovação e investigação da UE "Horizonte Europa" e pretende apoiar 100 cidades europeias no seu processo de transformação para a neutralidade climática, tornando-as pioneiras da inovação urbana [39].

As áreas urbanas ocupam apenas 4% do território da União Europeia, mas albergam 75% dos cidadãos europeus. São responsáveis por mais de 70% das emissões de dióxido de carbono, consumindo mais de 65% da energia produzida a nível mundial [39]. Torna-se, assim, imperativa a aplicação de estratégias de descarbonização de vários setores, nomeadamente, no que concerne à energia, indústria, transportes e reabilitação de edifícios.

As cidades escolhidas provêm de todos os 27 Estados-Membros da UE, destacando-se três cidades portuguesas: Porto, Lisboa e Guimarães. A missão distribuirá pela totalidade das cidades 360 milhões de euros, abrangendo o período 2022-2023 para iniciar o percurso inovador rumo à neutralidade climática em 2030 [40].

Para além do apoio financeiro, as cidades terão aconselhamento e assistência específicos, possibilidade de participação em ações de inovação e projetos-piloto, e sessões de *networking* e intercâmbio entre as cidades. São pretendidos atingir resultados no que concerne à mobilidade elétrica nas cidades, eficiência energética dos edifícios e planeamento urbano verde, havendo a possibilidade de integrar outros programas da UE para a realização destas ações [40].

2.2.6 Pacto dos Autarcas para o Clima e Energia

O Pacto dos Autarcas para o Clima e Energia é uma iniciativa lançada pela Comissão Europeia tendo em vista o cumprimento dos objetivos definidos em matérias de energia e clima nas cidades. Está em vigor desde novembro de 2015 e resulta da junção do *Convenant of Mayors* e *Mayors Adapt*, duas iniciativas europeias anteriores tendo em vista a mitigação dos Gases de Efeito de Estufa e a adaptação às alterações climática [41].

Este pacto é de subscrição voluntária por parte dos municípios, que se comprometem a implementar os objetivos da União Europeia em matérias de Energia e Clima no seu território. Mais concretamente, ao subscreverem o pacto, os municípios comprometem-se a [41]:

- Reduzir as emissões de GEE (nomeadamente CO₂) no seu território em pelo menos 40% até 2030, fruto de um reforço na eficiência energética e de um maior recurso às fontes de energia renováveis;

- Aumentar a resiliência do território, adaptando-se aos impactos das alterações climáticas;
- Garantir a monitorização do estado do território, de forma a estudar a eventual necessidade de ajustar os planos definidos com vista ao cumprimento dos objetivos.

Vários municípios portugueses aderiram ao Pacto, com destaque para seis municípios da área metropolitana do Porto [41].

2.3 Legislação Portuguesa

Portugal estabeleceu, através do Decreto-Lei N.º 162/2019, de 25 de outubro, um novo regime jurídico onde reconhece o Autoconsumo Coletivo e as Comunidades de Energia Renovável. Esta implementação deriva da Diretiva Europeia para a Energia Renovável (EU) 2018/2001, que reforça a necessidade de promoção de energia renovável nos seus Estados-Membros, através do Autoconsumo Individual, Coletivo ou das Comunidades de Energia Renovável [18].

O Decreto-Lei em vigor em Portugal, atualmente, é o DL N.º 15/2022, de 14 janeiro, que estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, transpondo, não só a diretiva europeia supracitada, como também a a Diretiva (UE) 2019/944 [42].

O Decreto-Lei N.º 30-A/2022, de 18 de abril, aprova medidas excecionais que visam assegurar a simplificação dos procedimentos de produção de energia a partir de fontes renováveis. Já o Decreto-Lei N.º 72/2022, de 19 de outubro, altera as medidas excecionais para a implementação de projetos e iniciativas de produção e armazenamento de energia de fontes renováveis [43].

Desta forma, Portugal, guiado pelas diretivas europeias e com o objetivo de cumprir as metas ambientais definidas, tem promulgado novos regimes jurídicos com o objetivo de descentralizar a produção energética e incentivar a produção renovável. Um dos primeiros passos dessa afirmação foi a criação de legislação definindo os estatutos e conceitos de Autoconsumo Individual, Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável, reconhecendo que os consumidores podem adotar o papel de "prosumidores", isto é, agentes que, além de consumir, têm capacidade de produzir energia localmente e gerir os seus perfis de consumo mediante certas condições [44].

2.3.1 Autoconsumo

O conceito de autoconsumo é definido no Artigo 2.º, alínea d), do Decreto-Lei N.º 162/2019, de 25 outubro, como "o consumo assegurado por energia elétrica produzida por Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e realizado por um ou mais autoconsumidores de energia renovável" [18].

Partindo deste termo, são especificados os conceitos de Autoconsumo Individual e Autoconsumo Coletivo.

2.3.1.1 Autoconsumo Individual

O Autoconsumo Individual pode ser entendido como o ato em que o consumidor final produz energia renovável nas suas instalações para seu próprio consumo, podendo armazenar ou vender eletricidade excedente da sua produção, desde que, para os autoconsumidores de energia renovável não domésticos, esta atividade não constitua a sua principal atividade comercial ou profissional [18]. Ou seja, o consumo destina-se a uma única Instalação de Utilização (IU), encontrando-se a UPAC associada a um único Código Ponto de Entrega (CPE) [12].

A produção da instalação pode recorrer ao uso da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), ou usar unicamente a rede interna. Os Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) correspondem aos encargos relacionados com a adoção de medidas de política energética e ambiental, sendo suportadas por todos os consumidores [44]. No caso do uso da RESP, verifica-se a obrigatoriedade do pagamento das tarifas associadas ao nível de tensão utilizado e um desconto de 50% dos CIEG. Já no caso de usar unicamente a rede interna, verifica-se uma isenção de tarifas de utilização. O excedente de produção pode ser vendido a um agregador ou no mercado grossista [44].

Na figura 2.5 é exemplificado um esquema de autoconsumo individual recorrendo a uma UPAC fotovoltaica, sem utilização da rede pública.

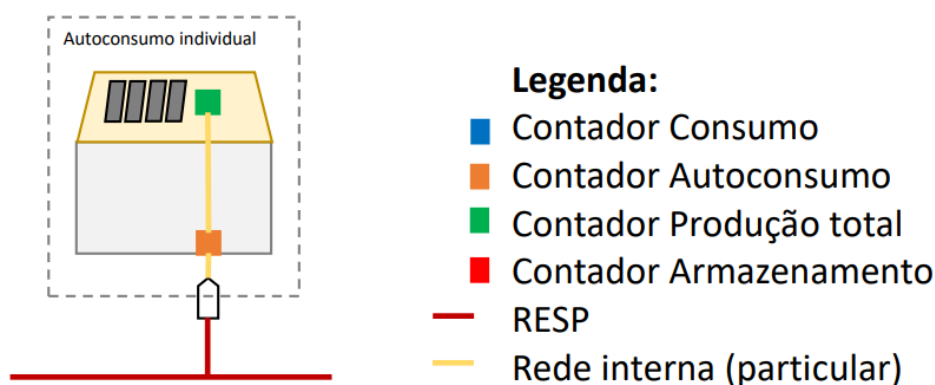


Figura 2.5: Exemplo de instalação de Autoconsumo Individual [45]

2.3.1.2 Autoconsumo Coletivo

O Autoconsumo Coletivo é definido como um grupo de, pelo menos, dois autoconsumidores organizados com dada proximidade geográfica, que disponham da mesma UPAC [18]. Ou seja, o consumo verifica-se em duas ou mais IU, encontrando-se a UPAC associada a mais do que um CPE [12].

A ligação das Instalações de Utilização (IU) à UPAC pode ser efetuada através de redes internas, sendo isenta de pagamento, ou através da RESP, ficando sujeitas ao pagamento da tarifa de Acesso às Redes. Esta tarifa reflete os custos das infraestruturas e dos serviços utilizados por todos os consumidores de forma partilhada, resultando da soma das tarifas de Uso Global de Sistema, Uso da Rede de Transporte, Uso da Rede de Distribuição e Operação Logística de Mudança de

Comercializador [12]. Já quanto aos CIEG, nos casos de Autoconsumo Coletivo, a isenção pode ser de 100% [44].

Constituem exemplos de Autoconsumo Coletivo autoconsumidores situados no mesmo edifício ou zona de apartamentos e moradias, em relação de vizinhança próxima, unidades industriais, comerciais ou agrícolas e demais infraestruturas localizadas numa área delimitada [18]. O Autoconsumo Coletivo, fruto da participação de vários consumidores, tem a vantagem da divisão dos custos de investimento e manutenção pelos vários membros [42].

Surge, ainda, na legislação portuguesa a presença da Entidade Gestora do Autoconsumo (EGAC), que é a responsável pelo relacionamento do Autoconsumo Coletivo ou Comunidade de Energia Renovável (ACC/CER) com os restantes agentes, sem que os seus membros percam direitos como consumidores, podendo ainda escolher o seu próprio comercializador de energia. O excedente de produção de um ACC/CER resulta da soma dos excedentes individuais e é gerido pela EGAC, podendo ser vendido no mercado grossista ou à nova figura do agregador, que intermedia a geração local com o mercado [44]. Fazem parte da lista de responsabilidades da EGAC [12]:

- A prática de atos de gestão operacional da atividade corrente, incluindo a gestão da rede interna, caso exista, e a gestão de repartição de valor dentro da comunidade;
- A representação da comunidade e respetivos membros juntos de entidades externas, nomeadamente, operadores das redes de distribuição e transporte, comercializador ou agregador;
- A articulação com a plataforma eletrónica de gestão da DGEG;
- A ligação com a RESP e a articulação com os respetivos operadores, nomeadamente, no que concerne a partilha da produção e respetivos coeficientes;
- O relacionamento comercial a adotar para os excedentes.

Quanto ao processo de contagem, é obrigatória a utilização de um contador bidirecional que meça, simultaneamente, o consumo e a produção do ponto de ligação da IU do autoconsumidor à rede interna ou à RESP, para efeitos de medição do consumo da IU e do excedente injetado na rede correspondente. Nos casos em que a potência instalada seja superior a 4 kW, acresce a obrigação de utilização de um contador totalizador com a finalidade de medir a injeção da UPAC na IU [12]. Um esquema de ligação simplificado para uma UPAC de potência superior a 4 kW pode ser consultado na figura 2.6.

De notar, também, que é obrigatória a elaboração de um Regulamento Interno por parte de cada EGAC que irá reger a participação dos autocosumidores, com informações como os requisitos de entrada e saída de cada membro, o modo de partilha da energia elétrica ou o destino dos excedentes do autoconsumo [46].

Na figura 2.7 está representada uma instalação de autoconsumo coletivo num apartamento, com recurso a uma UPAC fotovoltaica, instalada na cobertura do edifício, sem recorrer à RESP. Na figura 2.8 observa-se um conjunto de apartamentos utilizando a RESP, o que representa um custo adicional na energia elétrica proveniente da UPAC, refletido na taxa de acesso à rede [47].

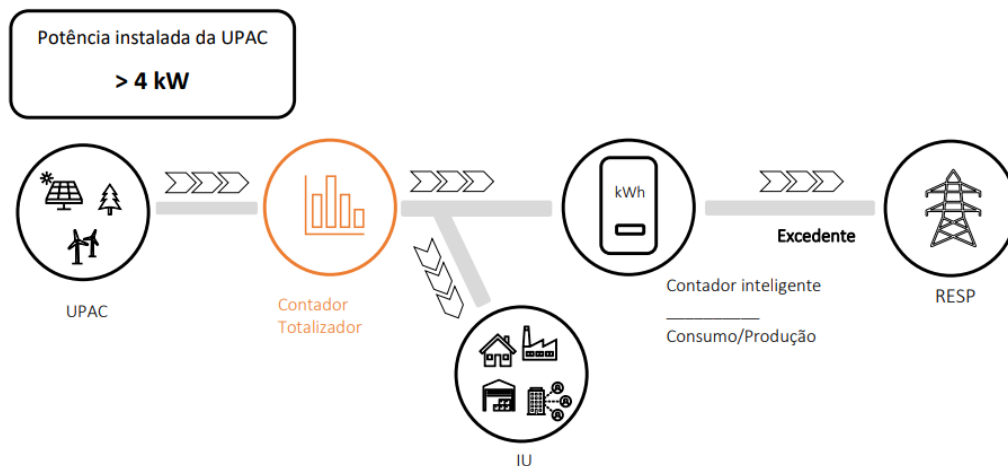


Figura 2.6: Esquema de contagem para UPAC de potência instalada superior a 4 kW [12]

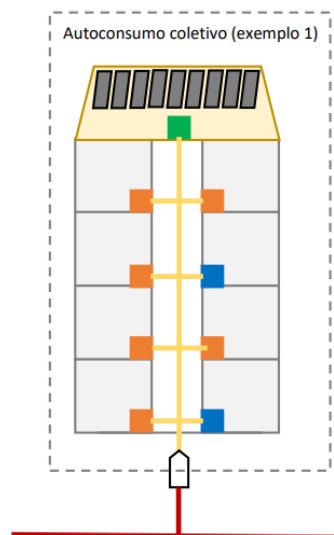


Figura 2.7: Exemplo de instalação de Autoconsumo Coletivo através da rede interna [45]

Os modelos de Autoconsumo Coletivo e das Comunidades de Energia Renovável são bastante semelhantes, visto que em ambos existem vários autoconsumidores em proximidade ligados à mesma UPAC. O que os difere é a forma de organização: enquanto que o Autoconsumo Coletivo é organizado como uma associação formada pelo grupo de autoconsumidores regida por um regulamento interno estipulado, as CER são compreendidas como uma Pessoa Coletiva constituída pelos membros da comunidade, integrando outros participantes no autoconsumo [47]. Em ambos, existe a possibilidade de partilha de energia localmente com os restantes membros do ACC/da CER e de injetar o excedente final na rede mediante um contrato com um agregador [44]. No entanto, as CER têm uma panóplia de outras oportunidades, como a possibilidade de ter um papel mais ativo no mercado, e a chance de aliar-se a questões de mobilidade elétrica e a projetos de eficiência energética [48].

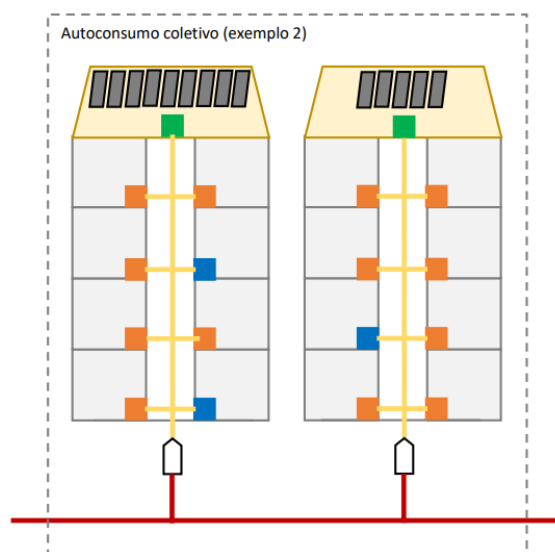


Figura 2.8: Exemplo de instalação de Autoconsumo Coletivo através da RESP [45]

2.3.2 Comunidades de Energia Renovável

O Decreto-Lei N.º 162/2019, de 25 de outubro, reconhece as Comunidades de Energia Renovável como pessoa coletiva formada por grupos de consumidores de todos os tipos (domésticos, comerciais, industriais, empresas públicas ou privadas, serviços públicos (escolas, hospitais, etc), autarquias, entre outros) que se associam com o objetivo de produzir, distribuir e comercializar energia elétrica produzida a partir de fontes de energia renovável. Estas devem ser controladas pelos seus membros que necessitam estar localizados na proximidade da comunidade e funcionam numa lógica de complementaridade com o restante sistema elétrico nacional, de forma a assegurar o cumprimento de metas e objetivos definidos no Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC) [18].

O conceito de proximidade não se encontrava descrito neste DL, sendo algo vago, uma vez que não era definida nenhuma distância elétrica nem geográfica. Passava pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGE) a responsabilidade da determinação do conceito de proximidade para cada projeto, o que podia levar a alguma indefinição. O Decreto-Lei N.º 15/2022, de 14 janeiro, veio definir o termo proximidade, considerando abrangidas pelo conceito [42]:

- As UPAC ligadas à rede de distribuição de energia elétrica em BT, no caso em que a instalação de utilização (IU) e a UPAC não distem entre si mais de 2 km de distância geográfica ou, em alternativa, estejam ligadas ao mesmo posto de transformação;
- As UPAC ligadas à Rede Nacional de Distribuição (RND) e à Rede Nacional de Transporte (RNT) que estejam ligadas na mesma subestação que a IU, desde que não seja ultrapassada a distância geográfica entre as UPAC e as IU de 4 km no caso de ligação em MT, de 10 km nas ligações em AT e de 20 km nas ligações em MAT.

Para além destas situações, a DGEG pode, ainda, avaliar casos raros, tendo em consideração elementos de natureza técnica pertinentes, critérios de otimização de energia, no âmbito de prestação de serviços públicos essenciais ou do desenvolvimento de estratégias territoriais de âmbito municipal/regional [42].

Ficou ainda decretado que a DGEG deve promover e facilitar o desenvolvimento das CER, eliminando obstáculos administrativos injustificados [42]. A participação nas CER deve ser acessível a todos os consumidores, inclusivamente, a famílias com baixos rendimentos ou em situação vulnerável, indo de encontro a alguns dos principais objetivos das CER: beneficiar a comunidade na vertente económica, social e ambiental, ajudando a combater a pobreza energética [49].

De realçar, também, que qualquer que seja o tipo de modalidade do autoconsumo (ACI, ACC ou CER), é dever dimensionar a(s) UPAC para que a energia elétrica produzida se aproxime o máximo possível do nível de consumo, minimizando os excedentes [46].

Na figura 2.9, estão representados dois exemplos de esquemas de ligação de CER com recurso à rede elétrica pública, utilizando a rede elétrica de Baixa Tensão (exemplo 1) ou níveis de tensão superiores (exemplo 2). Esta diferença influenciará o preço da energia, nomeadamente, na tarifa de acesso às redes [47].

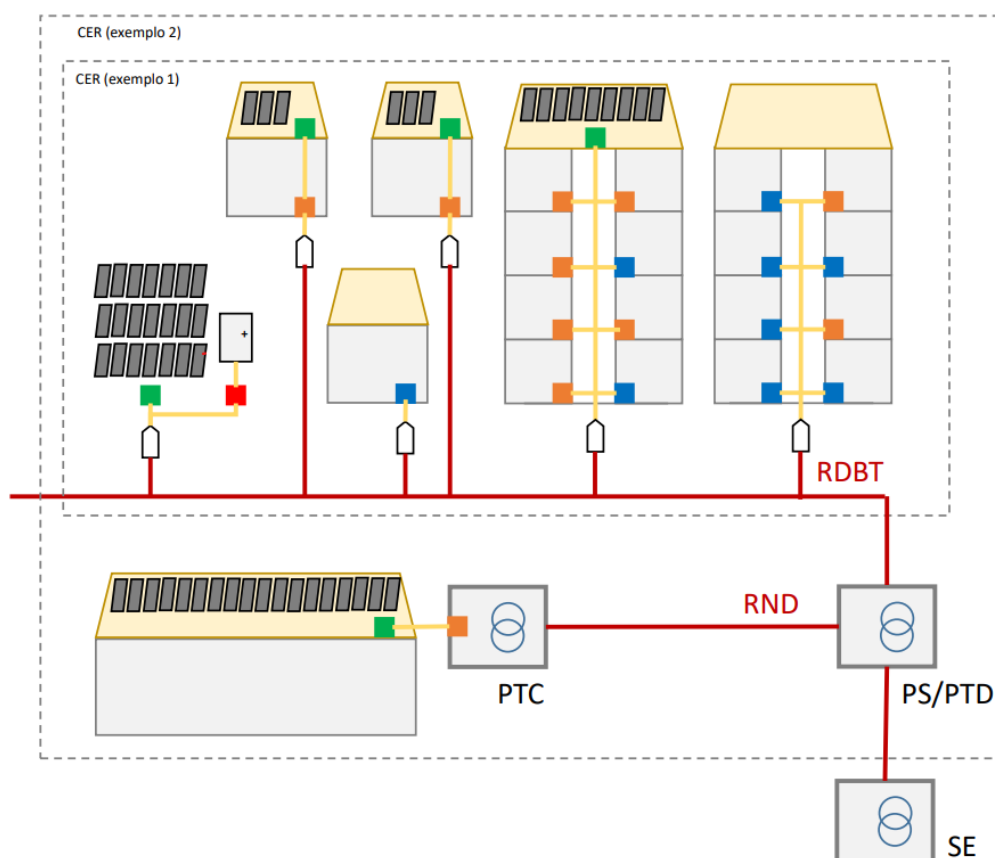


Figura 2.9: Esquema de instalação de uma CER [45]

De notar, também, que se encontra especificado na legislação portuguesa o termo Comunidades de Cidadãos para a Energia (CCE), que se regem pelas mesmas diretrizes das CER, mas têm como especificidades poderem ser proprietárias, estabelecer, comprar ou alugar Redes de Distribuição Fechadas e efetuar a respetiva gestão. Podem, ainda, produzir, distribuir, comercializar, consumir e agregar energia independentemente de a fonte primária ser renovável ou não renovável [42]. Estas Comunidades de Cidadãos para a Energia não apresentam limites geográficos, são direcionadas apenas para a eletricidade e impedem a participação de médias e grandes empresas no seu controlo [50].

2.3.2.1 Partilha de Energia

Os modos de partilha de energia numa UPAC podem ser baseados em coeficientes de partilha, que permitem ao ORD calcular, a partir dos consumos médios dos consumidores de um ACC/CER, qual é a parte fornecida pelos comercializadores e qual a parte autoconsumida a partir da produção local. Naturalmente, a parte autoconsumida irá beneficiar de tarifas de acesso mais baixas, podendo ainda beneficiar de subsídios extra como incentivos de política energética [44].

Os coeficientes de partilha de energia pelos membros da comunidade podem ser [12]:

- **Coeficientes fixos** - diferenciados, entre outros, por dias úteis e feriados ou fins de semana que podem ou não tomar em conta as estações do ano. Este valor mantém-se fixo por cada participante, segundo aquilo que for definido em Regulamento Interno, podendo ser alterado de 6 em 6 meses sem uma revisão do Regulamento;
- **Coeficientes variáveis** - definidos com base em critérios, na hierarquização e no consumo medido em cada período no período de tempo definido na regulamentação da ERSE.

Dentro destes, destacam-se os coeficientes variáveis proporcionais, que vão sendo modificados em função do consumo de cada um dos participantes, variando a cada 15 minutos. Já os coeficientes variáveis hierárquicos priorizam a entrega da energia produzida a um contador específico. Nos períodos em que a produção é superior ao consumo, o excedente é distribuído por todos os restantes contadores. No entanto, não se encontram, atualmente, especificamente consagrados na legislação portuguesa.

A partilha pode, também, ser efetuada tendo por base sistemas de **gestão dinâmica** que possibilitem a monitorização, controlo e gestão dinâmica de energia em tempo real, com vista à otimização dos fluxos energéticos. Para isso, o sistema deve ter acesso aos dados do ORD, nomeadamente, as leituras dos contadores; providenciar ao operador de rede a energia partilhada com cada membro e assegurar a interoperabilidade com os sistemas do operador da rede. Cabe à EGAC fazer esta comunicação ao ORD, num período de tempo precedente à faturação. Na falta desta comunicação, o ORD assume os coeficientes variáveis proporcionais ao consumo de cada consumidor, de 15 em 15 minutos [12].

Qualquer alteração aos coeficientes terá de ser comunicada pela EGAC ao ORD. Se for necessário o uso da rede pública (para partilhar a energia com o prédio/moradia vizinha, por exemplo),

será aplicada a Tarifa de Acesso à Rede (TAR). No entanto, caso todos os participantes estejam ligados à mesma coluna montante (por exemplo, mesmo condomínio), não existindo utilização da rede, não serão alocadas TAR [12].

2.3.2.2 Modelos de Negócio

Cada Comunidade de Energia Renovável tem a liberdade de escolher o modelo de negócio que pretende implementar para lá da transação de energia dentro da comunidade [51].

Os modelos de negócio de CER mais comuns são: [52]

- **Cooperativas de Energia:** Grupos de cidadãos que se organizam para gerir a comunidade de forma democrática, aberta e transparente. O seu principal objetivo não é gerar lucro, mas melhorar as condições da comunidade. Isso não significa que as cooperativas não gerem lucro, mas os lucros que obtêm são repartidos igualmente pelos seus membros ou são reinvestidos em projetos que geram benefícios ambientais, sociais ou económico para a comunidade [14]. A cooperativa pode ter a concessão da rede pública local, acumulando, nesse caso, responsabilidades de operador dessa rede e de comercializador, comprando energia e revendendo aos seus membros [51]. A rentabilidade das cooperativas de energia está altamente dependente da natureza e dos perfis de oferta e procura dos seus membros [15].
- **Comunidade de Prosumers:** criadas por *prosumers* que se organizam em comunidade para ganhar dimensão e ter acesso a preços mais baixos na aquisição de equipamentos de produção e armazenamento para o autoconsumo, para participar em mercados ou para beneficiar de medidas de eficiência energética [51].
- **Comunidade de Produção Coletiva:** comunidade que partilha o local de produção de energia (ex: telhado de um condomínio) para autoconsumo. O investimento é dividido por todos os membros, bem como a energia produzida. O retorno da venda de excedentes, a existir, será dividido entre os seus membros [51].
- **Comunidades Patrocinadas por Terceiros:** comunidades que obtêm financiamento externo na totalidade, sendo a entidade investidora a detentora dos ativos da comunidade e responsável pela gestão e decisões da mesma. Assim, o esforço financeiro e riscos são assumidos pela entidade, cujo retorno se traduz na venda da energia produzida aos membros da comunidade. Estes, por sua vez, têm acesso à energia produzida localmente a um preço mais acessível que a proveniente da rede [51].

2.3.3 Plano de Recuperação e Resiliência - PRR

O Plano de Recuperação e Resiliência surge como resposta aos graves impactos na economia que a pandemia COVID-19 provocou, sendo um instrumento comunitário estratégico pertencente ao "Next Generation EU", a ser executado até 2026 [53].

Este plano é assente em três pilares: Resiliência, Transição Climática e Transição Digital. O domínio da Transição Climática está diretamente ligado ao compromisso e contributo de Portugal em garantir as metas climáticas que permitirão atingir a neutralidade carbónica até 2050. Nesta dimensão, existem dois domínios que promovem a utilização de Comunidades de Energia Renovável [54]:

- C11 - Descarbonização da Indústria: Sugere a adoção de medidas de eficiência energética na indústria, que permitam, simultaneamente, reduzir o consumo de energia e as emissões de Gases de Efeito de Estufa, em paralelo com a adoção de sistemas de monitorização e gestão de consumos que permitam gerir e otimizar os consumos de energia aproveitando o potencial da digitalização e a automação. Incentiva, ainda, à incorporação de energia de fonte renovável e armazenamento de energia.
- C13 - Eficiência Energética em Edifícios: Propõe melhorias ativas através, por exemplo, da implementação de sistemas de produção de energia elétrica de origem renovável, em regime de autoconsumo ou Comunidade de Energia Renovável.

Este ponto apresenta um fundo ambiental de apoio à concretização de Comunidades de Energia Renovável e Autoconsumo Coletivo, cujas candidaturas se encontraram abertas até fevereiro de 2023.

Este programa tem como objetivo financiar medidas que promovam a produção de energia elétrica renovável, em regime de ACC e CER, reduzindo, concretamente, 30% do consumo de energia nos edifícios beneficiados e reforçando a capacidade de autoconsumo nos diferentes setores em, pelo menos, 93 MW até 2025 [54]. Na tabela 2.1 são resumidas as condições deste fundo ambiental.

Pretende-se realizar um investimento de 30 milhões de euros para a instalação de sistemas de produção de energias renováveis com e sem armazenamento de energia a dividir pelas três tipologias de edifícios: edifícios Residenciais, edifícios de administração pública central e edifícios de comércio e serviços, com taxas de comparticipação de 70%, 100% e 50%, respetivamente, até perfazer um montante máximo de apoio de 500 000€ por ACC ou CER [54].

2.3.4 Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)

Portugal assumiu, em 2016, na Conferência das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, o compromisso de alcançar a neutralidade carbónica até 2050. Para concretização desse objetivo, foi aprovado, pela Resolução do Conselho de Ministros N.º 107/2019, de 1 de julho, o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).

O RNC 2050 surge com o objetivo de alcançar a neutralidade carbónica, de identificar os principais focos de descarbonização e de estimar o potencial de redução dos vários setores da economia nacional, como a energia, a indústria, a mobilidade e os transportes, a agricultura, as florestas e outros usos de solo, e os resíduos e águas residuais [55].

Tabela 2.1: Fundo ambiental de apoio à concretização de CER e ACC

Investimento	Designação	Descrição	Objetivo
C13-i01	Eficiência energética em edifícios residenciais	Capacidade adicional de produção de energia renovável para autoconsumo e para utilização em Comunidades de Energia Renovável no setor residencial privado	35 MW
C13-i02	Eficiência energética em edifícios da administração pública central	Capacidade adicional de produção de energia renovável para autoconsumo e para utilização em Comunidades de Energia Renovável em edifícios da administração pública central	28 MW
C13-i03	Eficiência energética em edifícios de serviços	Capacidade adicional de produção de energia renovável para autoconsumo e para utilização em Comunidades de Energia Renovável no setor dos serviços privados	30 MW

Foi, assim, estabelecida a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) para Portugal entre 85% e 90% até 2050, face a 2005, e a compensação das restantes emissões, através do sequestro de carbono pelo uso do solo e florestas. A trajetória de redução de emissões foi fixada entre 45% e 55% até 2030, e entre 65% e 75% até 2040, em relação aos valores registados em 2005 [55].

Este processo será verdadeiramente transformacional no que diz respeito aos padrões de produção e do consumo, à relação com a produção e a utilização de energia, à forma como se pensam as cidades e os espaços de habitação, trabalho e lazer, ou à forma como se encaram as necessidades de mobilidade. Alcançar a neutralidade carbónica em 2050 representa uma oportunidade para o país consolidar um modelo de desenvolvimento inclusivo e sustentável, centrado nas pessoas e assente na inovação, no conhecimento e na competitividade, contribuindo em simultâneo para melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas e dos ecossistemas [55].

Em linha com as conclusões das diretivas europeias, conclui-se que é na década 2021-2030 que se devem concentrar os maiores esforços de redução de emissões de GEE, sendo este o período essencial para o alinhamento da economia nacional com uma trajetória de neutralidade carbónica,

reforçando a importância do Plano Nacional de Energia e Clima nesta década [55].

2.3.5 Plano Nacional de Energia e Clima - PNEC

Apresentado na Resolução do Conselho de Ministros N.º 53/2020, de 10 de julho, o Plano Nacional de Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030) constitui o principal instrumento de política energética e climática nacional para a atual década rumo a um futuro neutro em carbono [56].

Cumprida com sucesso a meta de 31% de incorporação de renováveis no consumo de energia (a 5ª meta mais exigente da UE) na década passada, Portugal continua na vanguarda europeia da transição energética e aprovou metas ambiciosas para a década 2021-2030, estando alinhado com as narrativas definidas no RNC 2050 e do Plano Nacional de Investimentos 2030 (PNI).

O PNEC 2030 estabelece metas, objetivos e respetivas políticas e medidas em matéria de redução de emissões de Gases de efeito de Estufa, incorporação de energias de fontes renováveis, eficiência energética, segurança energética, mercado interno e investigação, inovação e competitividade, bem como uma abordagem clara para o alcance dos referidos objetivos e metas [56]. A ambição do Governo era chegar ao final da década com 80% de renováveis no *mix* energético.

As principais metas passam por:

- a) Reduzir entre 45% e 55% as emissões de Gases de Efeito de Estufa, por referência às emissões registadas no ano de 2005;
- b) Incorporar 47% de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia;
- c) Reduzir 35% do consumo de energia primária com vista a uma melhor eficiência energética;
- d) Atingir 15% de interligações de eletricidade.

No que toca às Comunidades de Energia Renovável, as principais medidas encontram-se agregadas ao objetivo 3 - "Reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do país", na Secção 3.2 - "Promover a disseminação da produção distribuída e o autoconsumo de energia e as comunidades de energia" do PNEC 2030 [56]:

1. **Fomentar a produção distribuída e o autoconsumo a partir de fontes renováveis, removendo obstáculos à sua proliferação:** É bastante importante reforçar o papel do consumidor enquanto agente ativo, no impulso às comunidades energéticas, fruto da necessidade de impulsionar a produção distribuída de energia, em particular no que respeita à produção local de eletricidade com recurso a energia solar. Esta conjuntura impulsionará a necessidade de reforço das redes e da produção centralizada de energia, potenciando em simultâneo o surgimento de novos mercados e soluções tecnológicas. [Data prevista: 2019-2030]
2. **Promover a criação e o desenvolvimento das comunidades de energia:** As comunidades de energia desempenharão um papel fundamental na promoção de inovação social, de capacitação dos cidadãos para o setor energético e suas problemáticas, de desenvolvimento

local social e económico, contribuindo simultaneamente, para mitigar a problemática da pobreza energética. Na sequência da legislação aplicada que estabelece o regime jurídico das Comunidades de Energia Renovável e com vista à implementação deste regime jurídico, a promoção das CER deve ser acompanhada de um programa de disseminação de informação e apoio à constituição das comunidades para reduzir assimetrias de informação e apoiar os municípios e os cidadãos no seu desenvolvimento. [Data prevista: 2020 -2030]

3. **Promover programas de apoio ao estabelecimento de comunidades de energia em parceria com os municípios:** Tem como objetivo prestar apoio, quer do ponto de vista técnico quer do ponto de vista da obtenção de financiamento, para o estabelecimento de projetos de comunidades de energia ao nível dos municípios. O apoio será prestado através das entidades públicas qualificadas para o efeito, em parceria com agências e parceiros a nível local. Pretende-se, a curto prazo, o estabelecimento de projetos de comunidades de energia, com particular incidência em municípios do interior e com maior prevalência de consumidores em situação de pobreza energética. [Data prevista: 2020 -2025]

No final de junho de 2023 e no seguimento normal do processo de revisão do documento previsto para todos os Estados-Membros da UE, o Governo apresentou uma versão preliminar da revisão do PNEC 2030. A cada dois anos, todos os países da UE devem enviar uma versão atualizada do relatório, com o progresso rumo aos objetivos definidos, para aprovação pela Comissão Europeia. Esta fica responsável pela avaliação dos progressos efetuados no que toca à redução de emissões, devolvendo a cada país recomendações sobre as áreas que precisam de mais atenção [57].

Nesta revisão, eram expectáveis objetivos ainda mais ambiciosos, que fossem de encontro às mais recentes perspetivas europeias para 2030, nomeadamente, na redução das emissões em 55% até 2030, através de uma aposta num *mix* energético mais integrado através da consideração do vetor hidrogénio e do vetor térmico. As principais alterações realizadas à versão inicial do PNEC encontram-se comparadas na tabela 2.2.

O principal destaque desta atualização é a ambição de 85% de incorporação de energias renováveis no *mix* energético já em 2030, face ao objetivo da versão anterior de 80%. Este valor vai de encontro ao perspectivado anteriormente pelo governo português de alcançar os 80% de renováveis na eletricidade já em 2026. Quanto à incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia, o compromisso para 2030 passa de 47% para 49% [58].

É relativamente à energia solar que se verifica o maior crescimento: se Portugal tem hoje 2,6 GW em operação (1,5 GW em grandes centrais fotovoltaicas e 1,1 GW em produção descentralizada), em 2030 deverá ter 20,4 GW operacionais, ou seja, mais de 7 vezes(!) acima do valor atual. Destes, 14,9 GW referem-se à potência instalada em produção fotovoltaica centralizada (o dobro do previsto na versão anterior) e 5,5 GW referente à produção descentralizada (face aos 2 GW previstos previamente). No âmbito da produção descentralizada, prevêem-se melhorias a nível do Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável, com “novas ferramentas, novos incentivos e novos modelos de divulgação” [58].

Prevê-se, também, uma forte aposta na energia eólica. A potência eólica *onshore* será de 10,4 GW em 2030, face aos 9 GW que a versão anterior do PNEC previa e aos 5,7 GW atualmente em operação. Quanto à eólica *offshore*, prevê-se que 2 GW estejam operacionais até ao final de década (face aos 0,3 GW previstos inicialmente) e mais 8 GW já estejam em processo de leilão, elevando para 10 GW a capacidade eólica *offshore* operacional depois de 2030 [58].

Nesta revisão do PNEC é, ainda, dada continuidade à operação de centrais alimentadas a gás natural em 2030, com 3,8 GW de potência instalada e a conservação dos pouco mais de 8 GW de potência hidroelétrica. As metas de redução de emissões e de eficiência energética não sofreram alterações face ao estabelecido inicialmente, tendo o objetivo de interligações de eletricidade com Espanha permanecido inalterado [58].

Ao todo, o objetivo passa por chegar ao final da década com 47 GW de capacidade de produção de eletricidade de várias fontes renováveis, uma evolução em relação aos 32 GW que se estimavam inicialmente e uma revolução quando comparado com os 23 GW de potência instalada atualmente.

Tabela 2.2: Comparação das medidas propostas na versão Preliminar e Revista do PNEC [58]

	Estado atual	Versão Preliminar do PNEC	Versão Revisão PNEC
Incorporação de energias renováveis no mix energético	58.4%	80%	85%
Incorporação de energias renováveis no consumo final de energia	33.9%	47%	49%
Energia Solar	2.6 GW	9 GW	20.4 GW
Centralizada	1.5 GW	7 GW	14.9 GW
Descentralizada	1.1 GW	2 GW	5.5 GW
Energia Eólica	5.7 GW	9.3 GW	12.4 GW
Onshore	5.7 GW	9 GW	10.4 GW
Offshore	0 GW	0.3 GW	2 GW

Uma das medidas introduzidas pela revisão deste documento é a de "Desenvolver e Implementar o Programa Setorial das *Go-To Areas* renováveis". Esta pretende identificar zonas propícias ao desenvolvimento de energia renovável (*Go-To Areas*), isto é, locais específicos (em terra ou no mar) considerados adequados, sem impactos ambientais significativos para a instalação de unidades de produção de energia. Este programa construirá sobre o trabalho "Identificação preliminar de áreas com menor sensibilidade ambiental e patrimonial para localização de unidades de produção de eletricidade renovável", realizado pelo grupo de trabalho coordenado pelo LNEG e envolvendo diversas entidades [58]. Numa nova versão deste documento, o LNEG restringe as áreas de menor sensibilidade a 2652 quilómetros quadrados, cerca de 3% do território (quando a versão inicial

apontava para 12% do território). Para esta redução, o LNEG acrescentou critérios mais apertados, excluindo as áreas de proteção de recursos minerais, bem como as zonas próximas de áreas residenciais (a menos de 500 metros de habitações) e as áreas que coincidam com reserva agrícola nacional e a reserva ecológica nacional [59]. Ainda assim, os 3% de território com menor sensibilidade apontado pelo LNEG superam os 0,4% do território nacional que o Governo estima que seja necessário para cumprir os objetivos do PNEC 2030 [58].

2.4 O estado das renováveis em Portugal

Portugal, pelas suas características geográficas, é um país em que a aposta na produção solar fotovoltaica faz sentido: é um país mediterrâneo com mais horas de exposição solar que muitos congéneres europeus e com um clima muito favorável. Depois de um atraso no arranque da exploração destes sistemas (que coincidiram com a crise económica e financeira entre 2008 e 2011), entre 2013 e 2022 verificou-se um aumento de quase dez vezes na capacidade total instalada, passando de 299 MW para 2591 MW. Apenas durante o ano de 2022, a produção solar teve um crescimento de cerca de 40%, atingindo um marco histórico [60].

Em 2022, a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis foi de 29 614 GWh, correspondendo a 54% do total da produção bruta mais saldo importador de eletricidade, sendo que, 74,5% da produção de eletricidade de origem renovável foi obtida através das tecnologias hídrica e eólica [61]. Como é possível observar na figura 2.10, de 2013 a 2022, a tecnologia com maior crescimento em potência instalada foi a hídrica. Aliás, as tecnologias hídrica e eólica detêm entre si 80% da capacidade renovável instalada em Portugal. No entanto, em termos relativos, a tecnologia que teve maior crescimento foi a solar fotovoltaica, que atingiu máximos históricos em 2022, com 3471 GWh produzidos e 2563 GW de potência instalada, o que corresponde a aumentos de mais de 50% face aos valores de 2021.

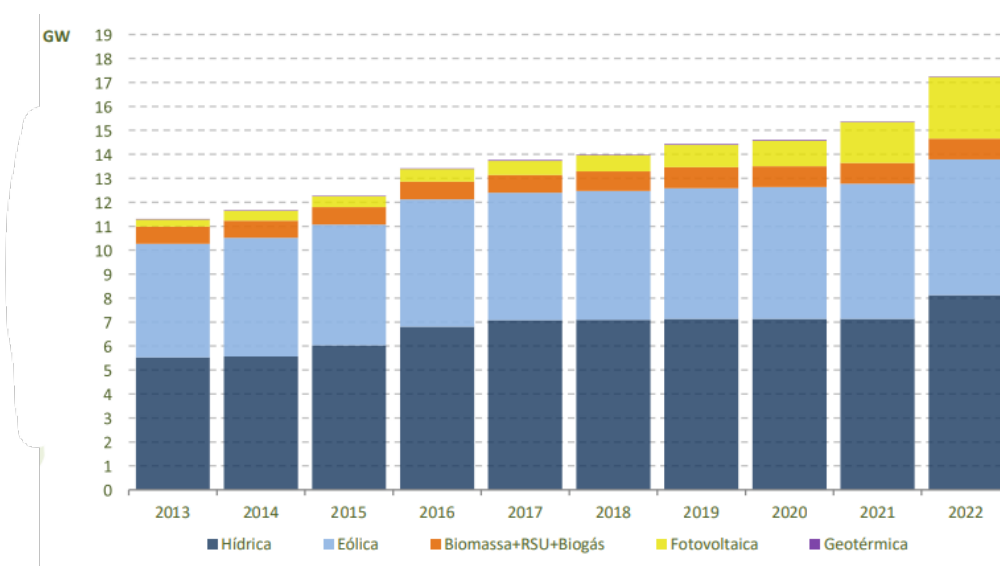


Figura 2.10: Potência elétrica instalada por fonte em Portugal entre 2013 e 2022 [61]

Este crescimento permitiu colocar Portugal no caminho do cumprimento das medidas propostas na versão preliminar do PNEC 2030, uma vez que, mantendo o ritmo de crescimento de 1 GW instalado por ano, seria possível atingir os 9 GW estipulados para 2030. No entanto, com a recente revisão às medidas do PNEC, Portugal antecipou para 2026 a incorporação de 80% de renováveis para a produção de eletricidade, pelo que se pode considerar que a meta da 9 GW de capacidade solar fotovoltaica instalada deve ser atingida até 2026 [60].

No que toca ao consumo final de energia (incluindo consumos não energéticos), é possível observar na figura 2.11 que a contribuição das fontes de energia renovável foi de 32% em 2021, sendo que 40% desta contribuição é proveniente da biomassa, seguida da hidroeletricidade e da eólica [61].

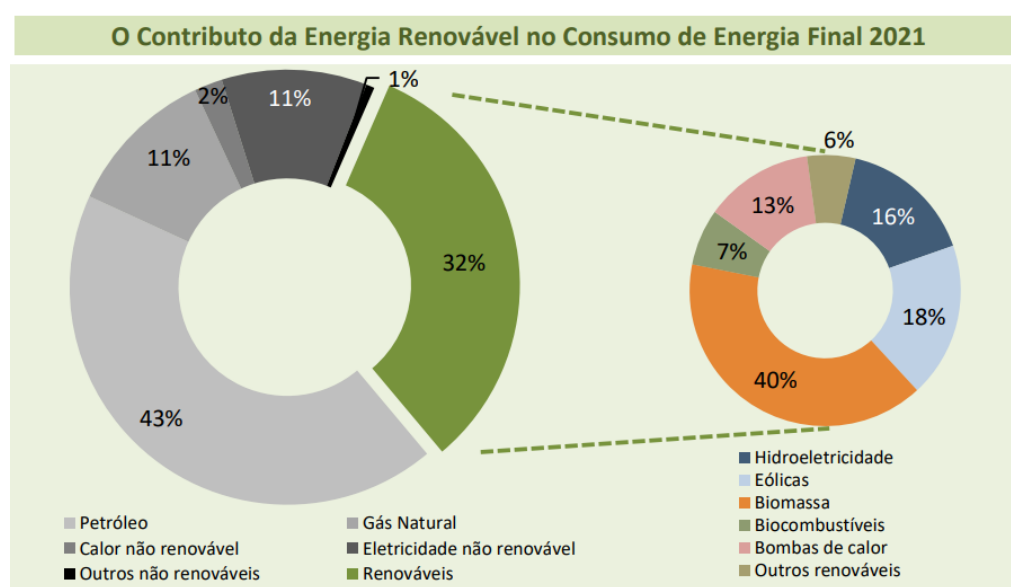


Figura 2.11: Contributo da energia renovável no consumo final de energia em 2021 [61]

Em 2020, Portugal foi o quarto país da União Europeia com maior incorporação de fontes de energia renovável na produção de energia elétrica. Na figura 2.12, é possível comparar o impacto das fontes de energia renovável em cada país, destacando-se o impacto que as fontes hídrica e eólica têm para a posição de Portugal.

A contribuição das fontes de energia renovável na produção de eletricidade nos países da União Europeia evoluiu de 15,2% em 2005 para 38,9% em 2020, o que corresponde a um aumento de 144%. As tecnologias eólica e fotovoltaica foram as que mais colaboraram para este aumento [61].

No entanto, as perspetivas de cumprimento das metas europeias alinhadas para 2030 não são animadoras: até 2026, as contribuições solar e eólica devem duplicar as suas previsões, de forma a não falhar o acordo e conter o aquecimento global em 1,5°C. Em 2021, o aumento da contribuição solar e eólica em território europeu foi de 34 GW. Como representado na figura 2.13, para cumprir o acordo, os valores de aumento da produção em 2026 deveriam ser de 76 GW/ano, mas as

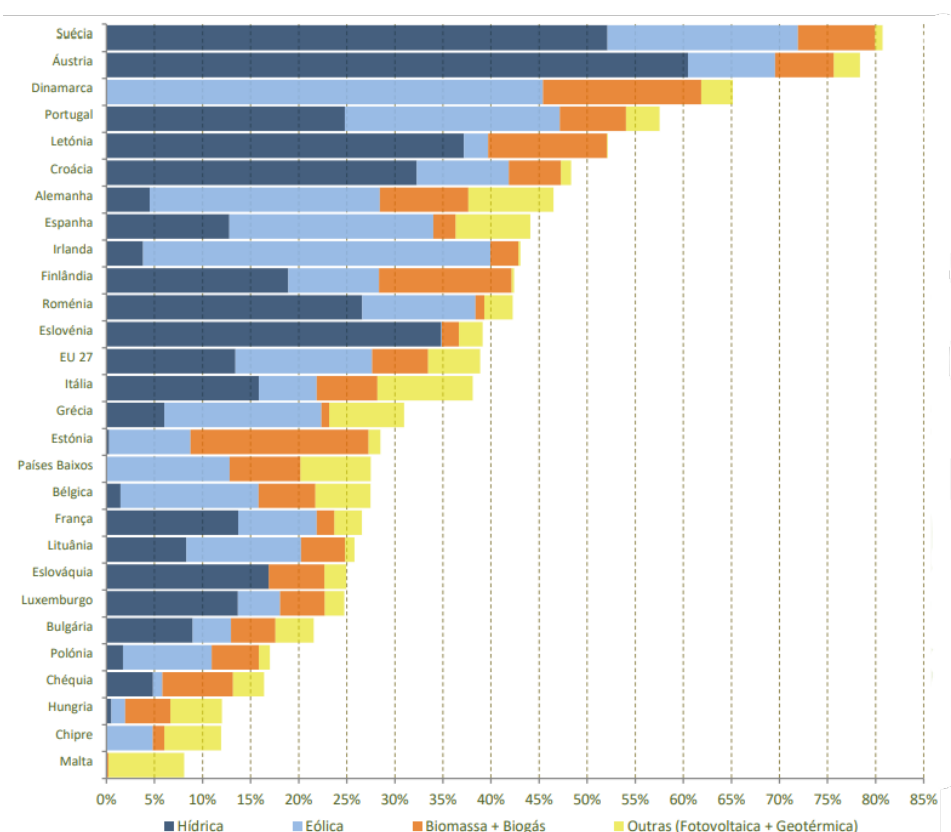


Figura 2.12: Incorporação de energia renovável nos países da União Europeia em 2020 [61]

previsões apontam que, nesta data, a UE apenas consiga aumentar a capacidade de energia eólica e solar em 38 GW/ano, metade da capacidade necessária para cumprir o acordo [62].

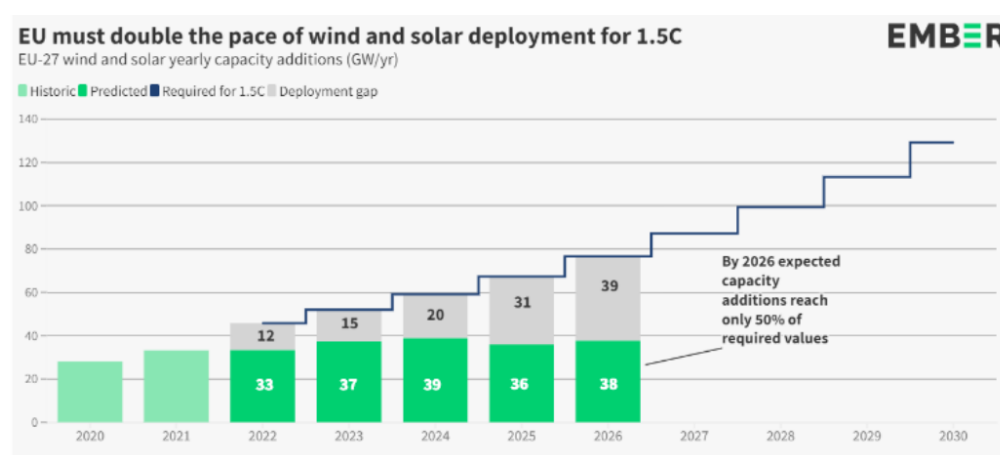


Figura 2.13: Taxa de crescimento da produção solar e eólica na Europa para cumprir a limitação do aquecimento global [62]

Uma das limitações para a disseminação de projetos renováveis é a morosidade burocrática associada a este tipo de projetos. Os atrasos mais significativos prendem-se com os projetos eólicos, cujo licenciamento pode demorar até 120 meses, cinco vezes mais que o limite imposto pela União

Europeia. Apenas 4 dos 27 países (Finlândia, Croácia, Lituânia e Suécia) estão no caminho certo da capacidade de instalação eólica requerida até 2030, sendo de notar que os principais países não estão a cumprir as suas taxas de crescimento de energia eólica [62].

A Europa não apresenta problemas de ambição no que toca à instalação de renováveis, mas depara-se com uma lacuna na implementação, pelo que deve ser priorizada a remoção das barreiras para a sua disseminação [62].

Capítulo 3

Comunidades de Energia Renovável

Este capítulo é dedicado às Comunidades de Energia Renovável. Na Secção 3.1 é apresentado o grande problema que as CER têm verificado na sua entrada em funcionamento em Portugal. Na Secção 3.2 são apresentadas as principais barreiras à proliferação deste tipo de comunidades. Na secção seguinte, 3.3, são apresentadas algumas soluções para as barreiras apresentadas. Seguidamente, na Secção 3.4, é apresentada a problemática da pobreza energética e apresentadas medidas para a sua mitigação, nas quais as CER têm forte importância. Na secção seguinte, 3.5, é apresentada a forma como as CER podem dar resposta aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Por último, são apresentados vários exemplos de CER na Europa na Secção 3.6.

3.1 O problema do licenciamento em Portugal

As Comunidades de Energia Renovável têm encontrado um problema gritante para a sua implementação em Portugal: os atrasos nos processos de licenciamento. Segundo dados fornecidos pelo Ministério do Ambiente e Ação Climática, até ao dia 20 de janeiro de 2023 só existiam em pleno funcionamento em Portugal quatro Comunidades de Energia Renovável ou Autoconsumo Coletivo e mais de 370 processos aguardavam aprovação [63].

Depois da primeira Comunidade de Energia Renovável ser licenciada em Miranda do Douro, em Agosto de 2021, era esperado que fosse dado o pontapé de saída para um profícuo avanço nesta matéria, mas tal não se tem verificado. Para além da aprovação da Direção Geral de Energia e Geologia, que avalia a viabilidade ou não da unidade ser instalada no local pretendido, é necessário a aprovação do Operador da Rede de Distribuição (E-Redes) que avalia se a rede consegue ou não receber o excedente. Para contrariar estes atrasos, está a decorrer o desenvolvimento de uma ferramenta informática para agilizar os processos de licenciamento, sendo que a mesma faz parte das medidas do PNEC. Está, também, prometido o recrutamento de centenas de profissionais para reforçar a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e a DGEG [63].

Os atrasos no licenciamento levam a uma descrença e desilusão dos cidadãos neste tipo de projetos prometidos há muito tempo e que ainda não obtiveram aprovação, bem como desistências

de alguns investidores que estavam por detrás das empresas impulsionadoras destes projetos nas populações.

Este sub-dimensionamento das entidades oficiais responsáveis pelo processo de licenciamento elétrico e ambiental dos projetos leva a problemas no desenvolvimento do setor renovável português e, possivelmente, ao incumprimento das metas propostas. É fundamental que haja uma evolução regulatória que simplifique, entre outros, o processo de licenciamento ambiental, bem como uma capacitação de todos os *stakeholders* intervenientes no processo de produção renovável [60].

3.2 Barreiras para a proliferação das CER

Um estudo realizado pela Rede Europeia de Agências de Energia (EnR), sob presidência da ADENE no ano de 2022, pretendeu avaliar o papel de facilitadores que as agências de energia podem ter na disseminação de Comunidades de Energia Renovável. Foi avaliado o papel das CER em 13 países europeus, com uma área de abrangência para praticamente todos os setores de atividade da Europa.

Foram, também, levantados os constrangimentos encontrados na disseminação das CER, nomeadamente, os enquadramentos regulatórios que diferem significativamente entre os países analisados. Nestas situações acresce o papel das agências de energia, uma vez que têm o conhecimento para apoiar a promoção e implementação de projetos deste tipo. Cerca de 60% dos países envolvidos no estudo já tinham transposto a Diretiva das Energias Renováveis 2018/2001 para a sua legislação nacional, sendo que 70% dos países em estudo tinham legislação para projetos comunitários de energia [64].

O processo de licenciamento é complexo na maioria dos países, não só devido aos procedimentos longos, mas, também, devido ao elevado número de autoridades de licenciamento envolvidas, barreiras de ligação à rede, tempos de resposta demorados das autoridades, entre outros. Assim, foram identificados 4 grandes tipos de barreiras existentes nestes países [64]:

- **Barreiras Legislativas:** A falta de uma uniformização legislativa no tópico das CER leva a uma pluralidade de interpretações das normas europeias e, consequentemente, a legislações pouco claras. Adicionalmente, a morosidade dos processos burocráticos de licenciamento destes processos leva a desistências/descrença neste tipo de projetos. Existe, também, alguma indefinição nos serviços a serem oferecidos por uma CER, o que pode ser um obstáculo à sua disseminação;
- **Barreiras Organizacionais/Comportamentais:** Este tipo de restrição foi identificado por cerca de 40% dos países envolvidos no estudo e está relacionado, sobretudo, com a complexidade de entendimento do conceito de CER por parte dos cidadãos e com a dificuldade em saber por onde começar um projeto comunitário. Também é referenciada a falta de disseminação de informação neste tópico, dificultando a introdução de uma estratégia para a pobreza energética que se alinhe com este tipo de comunidades, principalmente porque a

população vulnerável apresenta menor possibilidade de aceder a serviços de apoio técnico em energia. As dificuldades de ligação à rede também são uma das principais queixas por parte dos cidadãos, uma vez que se tratam de processos muito longos e que podem demorar anos a serem superados;

- **Barreiras Económicas:** As barreiras económicas prendem-se, sobretudo, com a dificuldade de acesso a financiamento externo por parte dos promotores, muito devido às incertezas das condições de mercado e ao contexto regulatório impreciso que faz aumentar o risco de investimento. É de notar, também, a falta de competitividade e das tarifas de energia para este tipo de projetos, aliadas aos custos de acesso à rede de distribuição. Em alguns casos, os investimentos do Operador da Rede de Distribuição não estão alinhados com os investimentos de implementação das CER e é alertada a falta de subsídios para este tipo de projetos comunitários. Os elevados custos de armazenamento de energia também limitam o aproveitamento máximo da energia produzida localmente. A dificuldade de tornar o modelo atrativo de forma a conseguir a angariação de investimento necessário para a criação de uma CER em locais mais remotos, também, é uma barreira que não pode ser desprezada.
- **Barreiras Tecnológicas:** As barreiras tecnológicas estão diretamente ligadas à desadequação da rede à produção descentralizada de energia e à sua baixa capacidade, que leva ao congestionamento da mesma. A complexidade de monitorização deste tipo de projetos também foi identificada como uma barreira.

O papel das agências de energia pode ser muito importante para ajudar a superar algumas destas barreiras, nomeadamente, no que toca à disseminação e divulgação deste tema, através de campanhas de informação, suporte técnico e/ou financeiro. A cooperação com outras entidades, especificamente, as de licenciamento, ORD e municípios, é parte integrante da função de uma agência de energia, bem como ajudar nos sistemas de financiamento criados pelos governos. A divulgação de exemplos de CER existentes contribui para incentivar os cidadãos a criar novos projetos [64].

Foram analisados 36 casos de estudo, sendo que metade deles tinham suporte de cooperativas de energia e 75% deles eram de origem solar. Apesar de cerca de 80% dos casos serem do Setor Residencial, estas CER cobrem quase todos os setores de atividade. Cada país deve realizar uma avaliação do potencial e das barreiras à implementação de Comunidades de Energia Renovável, de forma a facilitar o estabelecimento de um enquadramento regulatório favorável ao seu desenvolvimento [64].

3.3 Soluções para remover as barreiras para a proliferação das CER

Ainda segundo o estudo da Rede de Agências de Energia Europeia, são apresentadas soluções para a remoção de algumas barreiras a superar pelas CER [64]:

- **Soluções para Barreiras Legislativas:** Clarificação da legislação para procedimentos na implementação das CER, incluindo os detalhes dos ORD e entidades regulatórias; simplificação dos processos de licenciamento, nomeadamente, através do desenvolvimento de plataformas específicas para o processo; .
- **Soluções para Barreiras Organizacionais/Comportamentais:** Desenvolvimento de estratégias de comunicação específicas, incluindo campanhas de esclarecimento públicas; criação de modelos estatutos e regulamentos internos para CER, de forma a facilitar a fase inicial destes projetos; redução do tempo de resposta para emissão de licenças e questões administrativas; criação de estruturas de apoio a criação de CER a nível regional/local - cooperação com agências de energia locais e municípios;
- **Soluções para Barreiras Económicas:** Apoios financeiros atrativos para a implementação de CER; desenvolvimento de um comparador de custos; redução de taxas e aumento de impostos flexíveis; priorização os modelos de negócio de CER com diferentes tipos de intervenientes, incluindo cidadãos mais vulneráveis e em situação de pobreza energética, com uma divisão justa de responsabilidades e benefícios entre todos os membros;
- **Soluções para Barreiras Tecnológicas:** Adaptação da legislação relativa ao funcionamento de contadores inteligentes e transmissão de dados; implementação de soluções informáticas de monitorização acompanhada de perto pelos decisores políticos; adoção de um padrão de comunicação de dados e uma arquitetura informática forte; criação de *Smart Grids*; aumento da capacidade das redes; impulsionamento a complementaridade entre as fontes de energia renovável.

A adoção de legislações ainda está longe de estar completa, havendo uma necessidade de simplificar os processos, que atualmente são muito longos e dificultam a participação de investidores. A maioria das redes atuais não têm capacidade para absorver todos os projetos propostos.

3.4 Pobreza Energética

A problemática da pobreza energética sempre existiu, no entanto, tem-se verificado uma atenção substancialmente maior para este tema na Europa, uma vez que esta foi identificada como uma prioridade política por parte da UE, traduzindo-se na criação de diversos pacotes legislativos que priorizam a adoção de medidas de combate à mesma [65].

Estima-se que mais de 34 milhões de pessoas em toda a União Europeia vivam em diferentes níveis de pobreza energética e que vivam em Portugal entre 1,2 e 2,3 milhões de pessoas em situação de pobreza energética moderada e entre 660 mil a 740 mil pessoas em situação de pobreza energética extrema [65]. Portugal é considerado um dos piores países europeus nesta matéria, reforçando a realidade de que a pobreza energética é um dos problemas reais mais enraizados no nosso país.

A definição de pobreza energética pode variar de país para país, mas é importante que exista uma definição oficial. Em Portugal, a definição de pobreza energética está relacionada com a incapacidade de manter a casa com um nível adequado de serviços de energia essenciais, devido a uma combinação de baixos rendimentos e baixo desempenho energético da casa, aos custos elevados de energia e à baixa literacia energética [46]. Estes são alguns dos fatores que contribuem para este fenómeno que não pode ser identificado por um único indicador, mas por um conjunto de aspetos que globalmente permitem caracterizar esta face menos exposta da pobreza [66].

Existem, ainda, dados de indicadores adicionais relacionados com a população em situação de pobreza em Portugal, nomeadamente: 38% dos agregados familiares não têm capacidade financeira para manter a casa devidamente aquecida (dados do INE, 2019), cerca de 19,3% dos domicílios beneficiam de Tarifa Social e Eletricidade (dados da DGEG, 2022) e cerca de 30% das famílias apresentam gastos de energia que representam mais de 10% da renda total (dados do INE, 2016) [46]. Acresce a isto as elevadas disparidades entre regiões no que toca ao aquecimento interior das casas. Regiões mais quentes, como o Alentejo e o Algarve, apresentam casas pior preparadas para compensar as temperaturas exteriores quando comparadas com as habitações do Norte e do Centro, o que resulta em necessidades adicionais de aquecimento, apesar de Portugal ser um país ameno [67]. A figura 3.1 compara a capacidade de manter a casa adequadamente quente entre vários países europeus, obtendo resultados preocupantes, principalmente, quando comparados os valores de Portugal com os dos países vizinhos.

Segundo dados estatísticos da União Europeia em relação a Portugal, referentes ao ano de 2021 [69]:

- (i) 18,9% das habitantes não conseguiam ter a sua casa suficientemente aquecida (4º maior na UE e bem acima da média de 6,9% em 2019);
- (ii) 35,7% da população vivia em casas não confortavelmente frescas no Verão (2º maior e acima da média europeia de 20,9% em 2012);
- (iii) 24,4% da população vivia em habitações com presenças de fugas, humidade ou infiltrações (2º mais alto e acima da média da UE de 12,7% em 2019).

Os números atuais podem ser ainda mais preocupantes uma vez que a Covid-19 pode ter agravado as desigualdades sociais existentes e, possivelmente, aumentando a vulnerabilidade da pobreza energética em Portugal [70].

Portugal, seguindo as diretivas europeias, comprometeu-se no seu PNEC 2030 a definir um conjunto de medidas de mitigação da pobreza energética, entre as quais a promoção da "Estratégia de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050"[65]. Na tabela 3.1 estão presentes os principais objetivos que esta estratégia procura cumprir no horizonte temporal das décadas de 2030, 2040 e 2050, face aos referenciais identificados:

A referida Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050 tem como principal objetivo o combate à pobreza energética, protegendo e integrando os

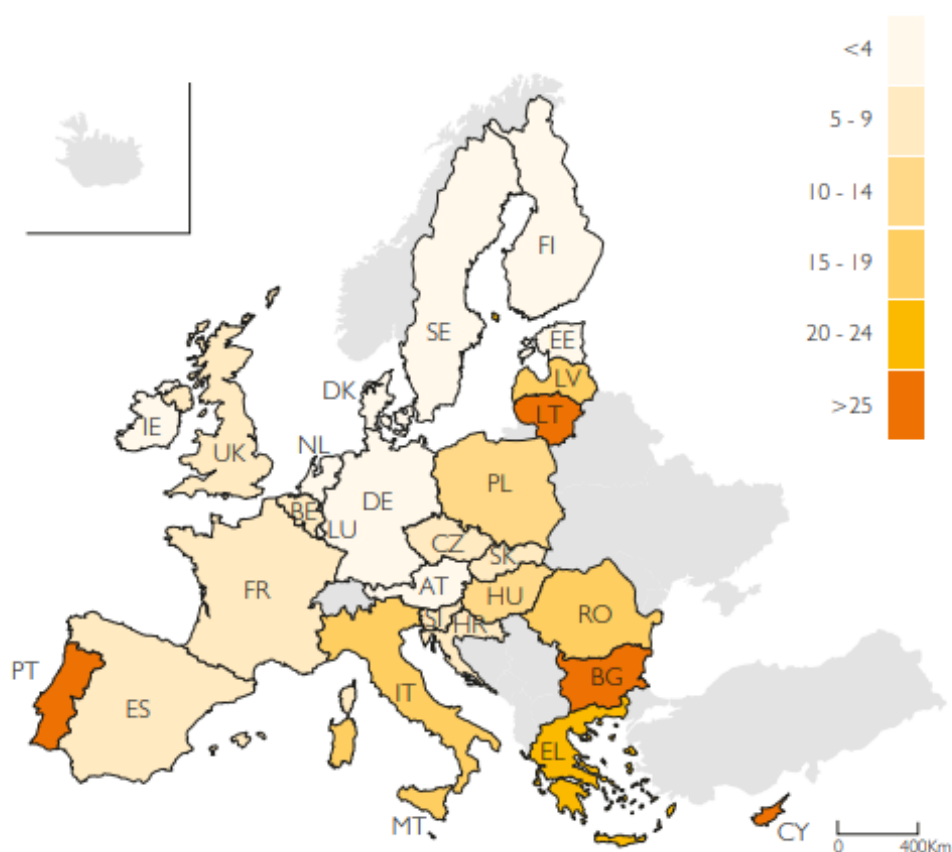


Figura 3.1: População incapaz de manter a casa adequadamente quente na UE entre 2008 e 2018 (%) [68]

consumidores de forma ativa numa transição energética e climática justa, democrática e coesa. Assenta em quatro princípios orientadores [65]:

- (i) aumentar o desempenho energético e ambiental das habitações;
- (ii) reforçar as condições de acesso a serviços energéticos essenciais;
- (iii) reduzir os encargos com o consumo de energia, atual e particularmente encarecidos por força das limitações aos consumos decorrentes do conflito armado na Ucrânia, sem descuidar o processo de recuperação da crise pandémica;
- (iv) robustecer o conhecimento e o acesso à informação.

Uma das medidas do programa passa por promover estratégias locais de combate à pobreza energética, incentivando a cooperação entre os Municípios e as Agências Locais de Energia na definição e construção destas estratégias, visando uma abordagem mais local e direta, sobretudo em relação ao contexto social [65]. Aqui podem entrar as CER no combate à pobreza energética, beneficiando a parte da comunidade mais desfavorecida e promovendo a literacia energética. Podem funcionar como uma abordagem alternativa à tarifa social de energia, criada para ajudar

Tabela 3.1: Objetivos da Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética

Objetivos	Ano		
	2030	2040	2050
População a viver em agregados sem capacidade para manter a casa adequadamente aquecida (em relação a 2020)	10%	5%	<1%
População em agregados familiares cuja despesa com energia representa mais de 10% do total de rendimentos (em relação a 2019)	700 000	250 000	0
População a viver em habitações com problemas de infiltrações, humidade ou elementos apodrecidos (em relação a 2019)	20%	10%	<5%
População a viver em habitações não confortavelmente frescas durante o verão (em relação a 2012)	20%	10%	<5%

a reduzir a fatura energética das famílias economicamente mais vulneráveis e que, atualmente, funciona como um desconto automático de 33% na fatura destas famílias. No entanto, não está presente nenhum incentivo à eficiência energética das mesmas e estímulo para a aprendizagem de comportamentos de redução do consumo de energia. Tal resulta num encargo grande para o Estado sem perspectivas de melhoria a longo prazo. Atualmente, surgem novas abordagens mais sustentáveis financeiramente e que permitem realizar a transição energética envolvendo todos os cidadãos [71]. Assim, as CER surgem como possibilidade de alterar esse paradigma, permitindo aos membros da Comunidade que usufruam da energia por eles produzida, de forma a satisfazer as suas necessidades a baixo custo, maximizando os proveitos e diminuindo as injeções de potência na rede, contribuindo para uma maior independência energética das regiões e aumentando a segurança e robustez da rede.

Um parecer conjunto elaborado por diversas entidades da área considera que grande parte das medidas da Estratégia Nacional de Combate à Pobreza Energética, embora eficazes no curto/médio prazo, implicam um elevado investimento inicial que a maioria das famílias não consegue suportar. É, então, imperativo um apoio do Estado, cujas ajudas são manifestamente insuficientes face à necessidade de investimento para a reabilitação energética dos edifícios. Acresce a isto a dificuldade que, muita das vezes, as famílias mais vulneráveis têm em chegar aos incentivos do Estado devido à complexidade do sistema criado, seja pela falta de conhecimentos/informação, seja pela impossibilidade de suportar alguns custos inerentes ao processo [72].

Um estudo realizado pela Lisboa E-Nova (Agência de Energia e Ambiente de Lisboa) e a AdE-Porto (Agência de Energia do Porto) pretendeu avaliar a pobreza energética nos dois municípios e assentou em 4 pilares [66]:

- **Conforto Térmico:** Cerca de 40% dos participantes residentes no Porto e em Lisboa admitem desconforto em relação à temperatura em casa durante o Inverno, enquanto 32% dos inquiridos em Lisboa e 23% dos inquiridos do Porto dizem-se igualmente desagradados com a temperatura em casa durante o Verão. A verdadeira extensão do problema pode, no entanto, ser maior.
- **Fatura Energética:** Quanto ao pagamento de faturas de energia, 14% dos participantes residentes em Lisboa e 15% dos participantes residentes no Porto admitiram que já se atrasaram no pagamento destes serviços.
- **Impactos na saúde:** O impacto do desconforto térmico (excesso de frio e calor sentidos em casa) na saúde é assumido por 54% dos participantes residentes em Lisboa e 49% dos participantes residentes no Porto.
- **Literacia energética:** Cerca de 22% dos participantes residentes em Lisboa e 29% dos participantes residentes no Porto revela que não se sente informado acerca dos temas da energia e conforto térmico, e cerca de 51% dos participantes afirma desconhecer a existência de fundos relacionados com eficiência energética nas habitações. Estes números apoiam a necessidade da existência de espaços de apoio aos cidadãos na matéria de energia, considerada uma ação relevante por parte de cerca de 80% dos participantes de Lisboa e 77% dos participantes do Porto.

Um outro estudo, realizado pela Rede Europeia de Energia, avaliou a situação de pobreza energética em 14 países europeus: Áustria, Bulgária, Finlândia, França, Grécia, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Eslováquia, Espanha, Suécia e Reino Unido. 8 desses países não apresentam uma definição oficial de pobreza energética. A grande maioria dos países analisados consideram os baixos salários como a principal causa relacionada com a pobreza energética, seguido dos custos de energia. Há a destacar a inexistência de uma estratégia nacional de combate à pobreza energética em 9 dos 14 países analisados. No entanto, metade dos países analisados têm projetos de CER diretamente ligados à mitigação da pobreza energética [73].

As principais conclusões deste estudo são que a definição de pobreza energética é fundamental para criar um sistema regulatório e desenvolver um plano, sendo impossível solucionar um problema sem o definir e sem ser capaz de monitorizar o seu progresso através de um conjunto de indicadores. Não é fácil identificar os cidadãos em situação de pobreza energética, uma vez que os critérios para a sua identificação variam de país para país. Alguns dos indicadores utilizados são: população em situação de pobreza, população que vive em habitações incapazes de manter a casa devidamente aquecida, agregados familiares com tarifa social, famílias cujas despesas de energia representa mais de 10% da receita total, entre outros [73].

As medidas financeiras existentes atuam, sobretudo, sobre o custo da energia e não em causas estruturais da pobreza energética. Enfrentar a pobreza energética através de ações locais tais como a criação de CER pode inspirar uma nova e empoderada cultura energética. É urgente implementar soluções de longo prazo como a eficiência energética e a produção de energias renováveis, que têm o potencial de, simultaneamente, reduzir as emissões e combater a pobreza energética, especialmente no atual contexto de recuperação da pandemia de COVID-19, crise energética e de guerra na Ucrânia, que colocaram a Europa em maior risco de pobreza energética [73].

Neste estudo são, ainda, propostas um conjunto de recomendações, incluindo aspetos relacionados com a renovação do edificado, a eficiência energética e com as CER. No âmbito destas, é sugerida a promoção de uma estratégia de longo termo de combate à pobreza energética através do desenvolvimento de Comunidades de Energia Renovável, que beneficiam da redução de consumo energético, dos preços da energia e de um acesso a serviços de qualidade, suportando a participação de consumidores mais vulneráveis em projetos comunitários como produtores e consumidores. É, ainda, incentivado o estabelecimento, a nível local, da criação destas comunidades para aumentar a aceitação do público e facilitar a captação de investimento privado. Isso permite o desenvolvimento de vizinhanças sustentáveis, envolvendo os municípios, de forma a garantir um compromisso entre a construção, os *standards* energéticos e a integração de consumidores mais vulneráveis dentro da mesma área geográfica [73].

3.5 Resposta das CER aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Para além de toda a pesquisa, estudo e análise de resultados sobre as Comunidades de Energia Renovável, é também um objetivo deste trabalho o reconhecimento das CER como ponte para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes são uma lista de 17 metas (apresentados na figura 3.2) definidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) que constituem a Agenda 2030 - uma ambiciosa lista que aborda as dimensões social, económica e ambiental do desenvolvimento sustentável e promovem a paz, a justiça e a eficácia institucional [74]. Cada ODS possui metas específicas a serem alcançadas pelos países membros da ONU e pela sociedade civil, que só serão possíveis de cumprir com a cooperação e compromisso de todos os setores da sociedade.

O principal objetivo a que as CER pretendem dar resposta nesta década é o **Objetivo 7: Energias Renováveis Acessíveis**. Neste capítulo, encontram-se como metas até 2030 [74]:

- Assegurar o acesso universal, de confiança, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia;
- Aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global;
- Duplicar a taxa global de melhoria da eficiência energética;



Figura 3.2: Lista dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável [74]

- Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à investigação e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestruturas de energia e em tecnologias de energia limpa;
- Expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respetivos programas de apoio.

As metas elencadas são objetivos a que as Comunidades de Energia Renovável podem dar resposta. As CER apenas recorrem a energia de fonte renovável, promovem a sustentabilidade e o acesso de energia limpa a preço justo a todas as pessoas por igual. Assim, a aposta nas comunidades energéticas pode alavancar o mundo para a transição energética e levar a que seja cumprido este Objetivo de Desenvolvimento Sustentável.

No entanto, as CER também podem ter influência nos objetivos:

- **Objetivo 1: Erradicar a Pobreza** - As CER têm como um dos seus objetivos o combate à pobreza energética, disponibilizando energia a custos inferiores para cada comunidade, com destaque para as famílias mais desfavorecidas. Normalmente, diz-se que estão em situação de pobreza energética pessoas com orçamento apertado e que sentem dificuldade a pagar pela eletricidade que consomem porque, na verdade, estão a pagar um preço elevado por ela. As CER, para além reduzir os custos com a energia, também incentivam a que as pessoas invistam em medidas de eficiência energética que, consequentemente, levem a uma redução dos seus custos e das respetivas faturas;
- **Objetivo 10: Reduzir as Desigualdades** - As CER pretendem combater as desigualdades e inserem todos os cidadãos no seio da comunidade. A desigualdade, nesta vertente, é

manifestada pela pobreza energética, devido a uma combinação de baixos salários, preços de energia elevados e casas ineficientes.

- **Objetivo 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis** - A luta pela sustentabilidade do planeta passa muito pelos grandes centros urbanos, sendo as CER um dos mecanismos possíveis para acelerar a descarbonização destas metrópoles e incentivar o consumo de energia renováveis. Uma comunidade sustentável, para além de unir os cidadãos por um objetivo comum, também permite apoiar a economia local, satisfazer o autoconsumo coletivo, para além de, em alguns casos, ajudar a criar empregos locais;
- **Objetivo 12: Produção e Consumo Sustentáveis** - A base das Comunidades de Energia Renovável é, precisamente, a produção de energia descentralizada, limpa e sustentável, beneficiando as comunidades locais que consumirão energia segura, a preços mais baixos e com selo de garantia verde.

3.6 Exemplos de Comunidades de Energia na Europa

A REScoop.EU é a federação europeia de cooperativas de energia cidadãs, tendo sido formada em 2013 e representando, atualmente, mais de 1500 cooperativas e um milhão de cidadãos. Tendo por base as várias décadas de experiência em comunidades de energia, procura dar projeção às vozes dos cidadãos junto da União Europeia e prestar auxílio às CER ao nível de conhecimentos técnicos e capacidades de comunicação. Assim, a REScoop está por trás de vários casos de sucesso de Comunidades de Energia Renovável no continente europeu [14].

A distribuição deste tipo de comunidades ao longo da Europa é muito desigual. Enquanto países como a Alemanha, a Dinamarca e os Países Baixos apresentam uma longa tradição de cooperativas e elevados números de Comunidades de Energia Renovável, são escassos os exemplos em países da Europa Central ou de Leste devido a fraca tradição de cooperativas energéticas e legislações pouco favoráveis [75]. Países como Portugal e Itália estão a sofrer um grande desenvolvimento nesta matéria, esperando-se um crescimento exponencial de CER nos próximos anos. De seguida, serão elencados alguns exemplos de sucesso desses casos.

3.6.1 Dinamarca

Desde os anos 70, as comunidades de energia na Dinamarca têm investido coletivamente em parques eólicos. Como resultado dessa aposta, em 2013, cerca de 80% das turbinas eólicas existentes no país eram propriedade de comunidades, sendo uma das potências globais de produção de energia renovável [76].

As políticas energéticas dinamarquesas têm sido impulsionadoras de projetos comunitários de energia, em especial no que se refere ao aproveitamento da energia eólica. Para isso, muito tem contribuído a adoção de medidas como a obrigatoriedade de que novos projetos eólicos tenham 20% de participação comunitária ou, ainda, o arranjo e expansão da rede ser da responsabilidade da concessionária da mesma, estando os cidadãos proprietários da turbina apenas responsáveis pela

ligação da mesma ao ponto mais próximo. Estas medidas estimulam projetos de participação comunitária, como os casos apresentados de seguida.

O Parque Eólico *Middelgrunden*, representado na figura 3.3, é um bom exemplo de um projeto comunitário de energia de grande escala. Foi desenvolvido em 2000 no estreito de *Øresund*, a poucos quilómetros de Copenhaga e, à data, era um dos maiores parques eólicos *offshore* do mundo, com 20 turbinas de 2 MW cada (40 MW de capacidade instalada). 50% do projeto é propriedade municipal da cidade, sendo os restantes 50% propriedade da cooperativa criada pelos cidadãos para o projeto e que conta com mais de 10 000 investidores. Inicialmente, a comunidade era reservada aos habitantes de Copenhaga, mas, neste momento, está aberta a qualquer pessoa. Os cidadãos são atraídos a participar na cooperativa pelo baixo risco de investimento, uma vez que a parceria não pode dar prejuízo e cada membro tem um voto nas matérias de decisão, independentemente da participação que tenha [76].



Figura 3.3: Instalação do Parque Eólico de Middelgrunden [77]

Outro caso de sucesso é o parque eólico instalado em Hvide Sande, uma pequena comunidade piscatória que detém o quinto maior porto da costa dinamarquesa. Em 2010, uma união de associações locais, indústrias e serviços públicos estabeleceu uma fundação comunitária com o propósito de construir três turbinas eólicas *offshore* na costa da propriedade do porto. A participação e o grande interesse comunitário foram o fator chave para a concretização do projeto, uma vez que só assim foi possível contornar as restrições rígidas na construção de parques *offshore*. 80% da propriedade do parque eólico pertence à comunidade, que tem acesso à energia a preço mais acessível e, num período de retorno estimado de 7 a 10 anos, pode recuperar o investimento

e aplicar o lucro no desenvolvimento da comunidade e do porto local, representando, assim, como pequenas comunidades podem beneficiar coletivamente com os projetos renováveis e assegurar a resiliência económica da região [76].

Um caso diferente dos apresentados anteriormente é o da Hvidovre Fjernvarme, que se trata de uma cooperativa de distribuição de calor. Na Dinamarca, a maioria dos sistemas de aquecimento pertencem às comunidades ou aos governos locais, sendo que as autoridades locais podem exigir que os edifícios sejam ligados à rede de distribuição de calor. As cooperativas de aquecimento são bastante usuais no país, onde a procura de calor é elevada. A legislação facilita o papel das cooperativas, permitindo o acesso destas a empréstimos baratos através dos municípios. A cooperativa Hvidovre Fjernvarme é composta por 250 membros e 33 000 consumidores, incluindo a própria câmara municipal de Hvidovre, que fornece calor aos seus habitantes a partir de fontes renováveis. Para além do fornecimento de calor, implementou ainda um programa para ajudar os membros a otimizar as suas instalações de aquecimento. A cada dois anos, a cooperativa verifica gratuitamente as instalações de aquecimento dos consumidores, analisando o desempenho energético das habitações, avaliando o seu consumo e fazendo recomendações sobre como otimizar a eficiência energética das suas casas, permitindo-lhes economizar energia e dinheiro [14].

3.6.2 Alemanha

A Alemanha é um dos países com maior percentagem de produção de energia renovável no mundo, sendo que, no primeiro semestre de 2022, a produção renovável cobriu 49% do consumo, tendo objetivos de elevar a fasquia para os 80% em 2030 e perto dos 100% em 2035 [78]. Atualmente, é o país com maior número de Comunidades de Energia Renovável e de participação comunitária em projetos energéticos, sendo que mais de 6 000 cooperativas de energia proporcionaram o acesso à eletricidade nas áreas rurais [14].

Contrariamente ao verificado na Dinamarca, a Alemanha detém não só múltiplos projetos comunitários de energia eólica, mas também diversos projetos solares de propriedade comunitária. Aproximadamente metade da capacidade renovável instalada no país está sob participação comunitária, o que ajudou na diminuição dos preços da energia e na atratividade destes projetos. Para tal, muito contribuíram medidas legislativas favoráveis [76].

Um dos primeiros projetos comunitários de energia solar na Alemanha ocorreu em Recklinghausen, onde a comunidade começou, desde cedo, a aproveitar os telhados de edifícios públicos para a produção de eletricidade e calor. O primeiro projeto teve início em 2011, tendo a comunidade instalado 3 sistemas fotovoltaicos com produção aproximada de 195 MWh de eletricidade por ano, o suficiente para alimentar 60 habitações durante o ano inteiro. O projeto foi totalmente financiado pela comunidade local, com diferentes custos de participação [79]. A energia gerada é injetada diretamente na rede, sendo que os proveitos da injeção de energia à rede são usados para reembolso dos investimentos individuais. Trata-se de um caso de Comunidade de Prosumidores, que impulsionou a comunidade para mais projetos renováveis [52].

O parque eólico de Druiberg, em Dardesheim, é mais um grande exemplo de uma CER. Nos anos 90, foram instaladas 31 turbinas eólicas (66 MW) próximo da pequena vila, sendo propriedade da comunidade, fruto de investimento inicial de cidadãos e de crédito comercial. Em 2014, 90% dos residentes na vila estavam envolvidos no projeto. Os benefícios do projeto transformaram a economia da vila e permitiram a sua auto-subsistência, sendo que lucros iniciais do projeto já foram utilizados para reinvestir na expansão da produção renovável e noutros projetos de desenvolvimento da região [80].

Outro grande exemplo comunitário de instalação eólica é o Parque Eólico de Recklinghausen (figura 3.4). Consiste em quatro turbinas com capacidade total de 4 MW, que desde 2003 fornecem energia a mais de 1 700 habitações da comunidade mais próxima. Os cidadãos usufruem de energia mais barata proveniente da mesma através de uma quota de participação [81].



Figura 3.4: Instalação do Parque Eólico de Recklinghausen [81]

Ainda na Alemanha, ocorre um exemplo de boas práticas comunitárias na cidade de Friburgo, também conhecida por "Cidade Solar" fruto das suas horas de exposição solar e da sua forte aposta em projetos comunitários de energia solar. Para além de medidas locais de instalação de produção fotovoltaica em locais públicos como escolas ou estádios, o município desenvolveu uma plataforma chamada "FREE-SUN" que permite aos seus cidadãos identificar facilmente os espaços nas coberturas das suas casas disponíveis para a instalação de painéis fotovoltaicos e aceder a informações do tipo de montagem mais adequado e sustentabilidade do projeto. Esta medida facilita o planeamento do projeto fotovoltaico, incentivando o investimento dos cidadãos em energias renováveis [76].

3.6.3 Países Baixos

A completar o pódio de países com maior número de comunidades de energia estão os Países Baixos. Na localidade de Lochem está localizada uma das maiores cooperativas do país. Esta é composta por 900 membros, tendo mais de 300 clientes e já realizou mais de 145 instalações fotovoltaicas em residências dos membros da comunidade. Conta, ainda, com participação em diversos projetos europeus, no qual se destaca uma instalação coletiva de 1 000 painéis fotovoltaicos financiada com o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional. Para além da produção de

energia, a cooperativa detém, também, uma plataforma de partilha de veículos elétricos. A cooperativa tem conseguido o fortalecimento da comunidade local com o reinvestimento local das receitas, melhorando a qualidade de vida dos habitantes da localidade e a reduzindo as suas faturas de energia [82].

Outro caso muito interessante é o da Cooperativa de Energia de Ameland, uma ilha neerlandesa situada no Norte do país. Fruto de ser uma ilha com pouco mais de 3 000 habitantes, a cooperativa consegue albergar todos os cidadãos e é bastante próxima destes, realizando projetos sustentáveis de contribuição local e de consciencialização sobre o consumo de energia, com o objetivo de tornar a ilha autossustentável. O principal projeto é o Parque Solar de Ameland (representado na figura 3.5), um dos maiores do país, composto por mais de 23 000 painéis e com 6 MW de capacidade. É capaz de produzir energia para mais de 1 500 habitações na ilha, satisfazendo as necessidades da ilha em época baixa. A participação dos cidadãos na cooperativa é realizada através de compra de certificados, sendo que cada membro tem direito a um voto em matérias de decisão, independentemente do número de certificados [83].



Figura 3.5: Instalação do Parque Solar de Ameland [83]

3.6.4 Itália

Itália tem sido um dos países com maior desenvolvimento ao nível de comunidades energéticas. Em 2021, já estavam ativas ou em processo de ativação cerca de 20 comunidades, sendo que outras se preparavam para tal [84].

A primeira comunidade de energia do sul de Itália teve lugar em Nápoles, numa instalação fotovoltaica de 53 kW instalada no telhado da *Fondazione Famiglia di Maria*, capaz de produzir 65 MWh/ano de eletricidade. A instalação resulta de um investimento de 100 mil euros promovido

pela LegaAmbiente e pela comunidade local, que visa ajudar 40 famílias com problemas sociais a lidar com a pobreza energética. Parte da energia será consumida pela fundação e outra parte pelas famílias envolvidas, sendo estimadas poupanças de 300 mil euros em 25 anos para esta comunidade [84].

Na ilha da Sardenha, conhecida pelas suas condições favoráveis à produção de eletricidade a partir de fontes eólicas (produz mais energia (11,6 TWh) do que a que consome (8,5 TWh)), nasceram duas novas comunidades de energia no ano de 2022. Os cidadãos de dois municípios vizinhos, Villanovaforru e Ussaramanna, insatisfeitos com os poucos benefícios para a região da instalação dos grandes parques eólicos, criaram as suas próprias comunidades para benefício local, produzindo e consumindo a sua própria energia (figura 3.6). Com o apoio da Ènostra, a maior cooperativa energética italiana, foram identificadas áreas adequadas para a instalação de painéis fotovoltaicos que fossem de encontro às necessidades dos residentes locais. As instalações fotovoltaicas encontram-se ligadas à rede e fornecem energia aos edifícios locais, injetando o excesso na rede. O financiamento destas comunidades foi realizado na totalidade por fundos públicos, tornando-as apetecíveis à participação da população, que passa a beneficiar de produção de energia sem investir na instalação [85].



Figura 3.6: Comunidade de Energia Renovável em Villanovaforru [85]

3.6.5 França

De França chega um exemplo diferente dos vistos até agora: A Enercoop é uma cooperativa de energia que se dedica à geração, compra e comercialização de energia renovável. Foi criada em 2005 para oferecer uma alternativa cívica aquando da abertura dos mercados liberalizados de eletricidade. Conta com mais de 70 000 membros e tem um papel de 100% fornecedor de energia, através de geração e compra diretamente aos produtores. Atualmente, operam 100 estações hidro-elétricas, mais de 100 projetos solares e 3 geradores de biomassa [52]. A Enercoop surge como

a alternativa com oferta 100% renovável, num país onde o mercado de energia ainda é muito dominado pela produção nuclear, sendo a única fornecedora de eletricidade de propriedade dos seus membros, apoiando projetos renováveis e colocando os cidadãos em primeiro plano [86].

3.6.6 Bélgica

Na Bélgica também existe uma cooperativa de comercialização de energia com grande importância. A Ecopower foi fundada em 1992 e tem como objetivos investir em energia limpa para fornecer energia 100% renovável aos seus membros e promover o uso responsável da mesma. Atualmente, possui 22 turbinas eólicas e mais de 320 sistemas solares, tem mais de 50 000 membros e 40 000 clientes, usando as receitas da comercialização para o investimento em projetos sociais [52]. Um desses projetos, em cooperação com outras REScoops, é o Klimaatscholen 2050, que pretende instalar painéis solares fotovoltaicos nos telhados de escolas de Flandres e Bruxelas até 2050. Estas beneficiam de energia vinda diretamente dos painéis solares e a custo inferior. As cooperativas pertencentes a este projeto fazem o investimento inicial e ficam encarregadas dos processos de manutenção, reparação e operação dos painéis solares por 20 anos. Depois deste período, os painéis tornam-se propriedade da escola, sem custo adicional [87].

Ainda na Bélgica, surgiu, recentemente, um caso pioneiro na Europa. O governo apoiou e encorajou a participação dos cidadãos em projetos de parques eólicos *offshore* de grande escala através de Comunidades de Energia Renovável. A SeaCoop é a cooperativa que agrega as cooperativas belgas que tenham interesse em participar neste tipo de projetos. Através desta, será permitido aos cidadãos co-investir em turbinas eólicas *offshore*, ganhando acesso direto à energia produzida e garantindo um preço de energia estável fruto de uma fonte renovável. A SeaCoop pretende obter 20% de propriedade dos parques eólicos e fornecer 20% da eletricidade para os cidadãos, estando previsto para 2027 uma campanha de incentivo à participação dos cidadãos [88].

3.6.7 Suíça

Na Suíça, existe um caso interessante de um projeto de autoconsumo que se transformou em Comunidade de Energia Renovável. O município de Capriasca instalou, no telhado de um Jardim de Infância na localidade de Lugaggia, 30 kWp de potência solar fotovoltaica. No entanto, cedo se percebeu que o potencial da instalação estava limitado pelo pico de produção da instalação se dar aquando das férias de Verão escolares, quando o consumo é mais baixo. Assim, surgiu a criação da Comunidade Inovadora de Lugaggia, que conectou o Jardim de Infância às habitações residenciais próximas da instalação. Desta forma, a comunidade beneficiará de energia que, até então, era injetada na rede. Este caso funciona como piloto para avaliar o potencial de flexibilidade do local, a receptividade dos participantes e avaliar a replicabilidade do projeto para outras comunidades na região [89].

Capítulo 4

Casos de Estudo

De forma a complementar o estudo efetuado e procurar dar respostas às questões de investigação, serão analisados três casos de estudo de Comunidades de Energia Renovável em Portugal. Na Secção 4.1 é abordado o caso de uma CER implementada num ambiente residencial, tendo a iniciativa partido dos seus moradores. Na Secção 4.2 é apresentado o caso de uma CER criada em habitações sociais e que faz parte de um projeto comunitário. Por fim, na Secção 4.3 é apresentado o caso da primeira CER em ambiente industrial a ser licenciada em Portugal.

4.1 Caso de Estudo: CER Alta de Lisboa

Este primeiro caso de estudo trata-se de um condomínio localizado na Alta de Lisboa (apresentado na figura 4.1), no qual os seus moradores pretenderam investir em energia solar fotovoltaica para diminuir a fatura energética dos prédios. Começaram com uma pequena instalação, tendo, atualmente, mais de 80 painéis e 27 kWp de potência instalada, o que já permite uma poupança anual considerável. No entanto, os moradores mantêm o interesse em aumentar esta capacidade e em constituir uma CER cada vez mais alargada.

Com a entrada em vigor da legislação que permite e reconhece a constituição de Comunidades Energéticas em Portugal, o DL N.º 162/2019, foi aprovada por unanimidade em reunião de condomínio a criação de uma comunidade de energia, com o objetivo de que parte da energia produzida no edifício sirva não só para os serviços comuns, mas também, em proporção, para cada fração de cada um dos moradores.

Esta comunidade tem sido apoiada pela Coopérnico, a primeira cooperativa portuguesa a operar, nomeadamente, na transformação de sistemas de UPAC individual em coletivo. A Coopérnico é uma cooperativa de energia renovável que aproveita a energia solar para benefício da comunidade local. Esta cooperativa iniciou com uma pequena central solar e, atualmente, contam com mais de 2 200 membros, que investiram mais de 1,85 milhões de euros em 32 projetos de sistemas fotovoltaicos. A Coopérnico atua em três áreas principais: produção de energia renovável, comercialização de energia e apoio aos seus membros na eficiência energética; sendo que as Comunidades de Energia Renovável são, também, uma aposta da cooperativa [14].



Figura 4.1: Imagem da instalação da CER Alta de Lisboa [90]

Os dados enviados pela Coopérnico continham as faturas energéticas de cada uma das partes comuns, dados sobre a instalação elétrica do edifício e estudos de viabilidade económica do aumento da instalação. Partindo destes, é pretendido estudar o impacto que a implementação de unidades fotovoltaicas teve nesse condomínio, não só na redução da fatura energética obtida, mas também nos benefícios ambientais que proporcionaram, através da redução de emissões de CO₂.

Este projeto, como muitos outros no país, tem enfrentado grandes dificuldades no processo de licenciamento. O condomínio em análise é bastante específico: é composto por 8 edifícios, cada um com a suas partes comuns, e que partilham entre si a garagem, que ocupa toda a área por debaixo dos edifícios. Estas especificidades têm provocado bastantes dificuldades e atrasos no processo de licenciamento, uma vez que, apesar de funcionar como um só condomínio, os 8 edifícios são vistos pelo ORD como independentes entre si. Isto obriga a que cada um tenha o seu contrato de energia, e a que cada um pague a taxa de acesso às rede cada vez que um kWh produzido num bloco é consumido noutro bloco (apesar do Posto de Transformação (PT) para todo o edifício estar dentro do condomínio, e não haver trânsito de eletricidade pela RESP). Esta situação deteta uma grande limitação na legislação portuguesa em matéria de Autoconsumo e CER para este tipo de casos, uma vez que os oito prédios têm oito números de identificação predial, e, como tal, a E-Redes está, aparentemente, a fazer cumprir explicitamente a legislação. Atualmente, apesar de todas as dificuldades no processo, este projeto encontra-se registado como ACC, com vista a ser reconhecido como uma CER.

O objetivo primordial da instalação dos painéis fotovoltaicos é a redução das faturas das partes comuns dos edifícios. Daí as instalações fotovoltaicas estarem ligadas aos quadros das partes

comuns de cada prédio, com vista a alimentar um consumo residual contínuo de cerca de 3 kW, distribuído por iluminação, elevadores, bombas e extratores. No entanto, numa fase posterior pretende-se começar a incluir os residentes e a partilhar com estes a energia gerada.

O condomínio tem seguido um investimento de forma faseada. Em 2017, iniciaram o projeto com 3,3 kWp, no ano seguinte foram instalados mais 14,6 kWp e, segundo estudos apurados pela Coopérnico, havia a possibilidade de instalar mais 57 kWp. Seguindo o processo faseado, foram instalados mais 10 kWp de capacidade no inverno de 2021, o que levou a um reforço da interligação entre instalações existentes e a uma monitorização efetiva da totalidade da instalação. Assim, a instalação totaliza 27,6 kWp de potência instalada, sendo que ainda foi instalado um sistema de monitorização para controlar a produção quarto-horária. Na tabela 4.1 é sumariada a abordagem faseada de implementação do projeto.

Tabela 4.1: Painéis e Potência instalada por fase de instalação na CER Alta de Lisboa

		Potência Instalada (W)			Potência Total (W)	
Ano		2017	2018	2021		
Potência/painel (W)		275	305	345	Perdas	20%
Bloco	Qtd.				Total	Efetiva
A	23		2745	4830	7575	6060
B	23		2745	4830	7575	6060
C	6		1830		1830	1464
D	9		2745		2745	2196
E	9		2745		2745	2196
R	6	1650			1650	1320
G	6	1650			1650	1320
H	6		1830		1830	1464
Total	88	3300	14640	9660	27600	22080

Dos dados fornecidos, foi possível verificar que os blocos têm diferentes tarifários energéticos e diferentes valores de potência contratada entre si. Para além disso, na tabela 4.2 encontra-se condensado o valor de consumo e o custo da fatura energética de cada bloco referentes ao mês de julho de 2018, ou seja, apenas com a pequena instalação fotovoltaica de 3,3 kWp. O custo total com energia no condomínio acresce a cerca de 30 mil euros.

Na tabela 4.3 foram comparados os valores médios mensais da fatura energética do condomínio desde o ano de 2018, de forma a averiguar o impacto que o aumento da produção fotovoltaica teve na mesma. É possível verificar que, ainda antes da última fase de instalação, isto é, até 2021 e com 17 kW de capacidade, a poupança mensal do condomínio era de várias centenas de euros. De destacar que os valores referentes a 2022 apenas contemplam os primeiros meses do ano, faltando os dados dos meses de maior exposição solar, pelo que ainda não é identificável a repercussão dos 10 kWp instalados no final de 2021. Anualmente, a poupança pode variar entre os 6 mil euros e

Tabela 4.2: Valores da fatura energética das partes comuns referentes a julho de 2018

Bloco	Tarifário	Potência Contratada [kVA]	Consumo [kWh]	Preço [€]
G	bi-horário	13.8	1562	€ 267.8
H	bi-horário	13.8	1511	€ 264.7
A	tri-horário	27.6	2513	€ 425.0
D	tri-horário	27.6	1614	€ 274.7
E	normal	17.25	1499	€ 270.1
C	bi-horário	13.8	825	€ 144.7
B	bi-horário	13.8	1465	€ 258.5
F	bi-horário	13.8	1505	€ 257.5
garagem	quadri-horário	45	2588	€ 293.7
Total/mês			15082	€ 2 456.6
Total/ano			180984	€ 29 479.8

os 9 mil euros, num total de cerca de 30 mil euros. O tempo de retorno monetário da instalação (*payback*) é estimado de 2 a 4 anos, o que, com o tempo de vida dos equipamentos de 20 a 25 anos, permite recuperar várias vezes o investimento inicial e continuar a investir faseadamente na instalação. Esta abordagem faseada permitiu apresentar resultados e convencer a totalidade dos condóminos. Para além disso, a instalação fotovoltaica permitiu a valorização do imóvel.

Tabela 4.3: Valor médio da fatura total do condomínio e poupança face ao valor médio de 2018

	Fatura Média mensal Condomínio	Poupança	
		Mensal	Anual
2018	€ 2 503.1	-	-
2019	€ 1 758.8	€ 744.3	€ 8 931.8
2020	€ 1 939.5	€ 563.6	€ 6 763.3
2021	€ 1 959.3	€ 543.8	€ 6 525.2
2022	€ 1 848.7	€ 654.4	€ 7 853.3

Na figura 4.2, é possível verificar a evolução dos preços da fatura de eletricidade mensal do condomínio com o decorrer dos anos e a evolução da instalação. De destacar a forte diminuição do custo com a eletricidade a partir de 2019, aquando da segunda fase de instalação de painéis fotovoltaicos. Também neste caso, os dados referentes a 2022 contemplam apenas os primeiros meses do ano, pelo que a repercussão da última fase de instalação ainda não é totalmente identificável.

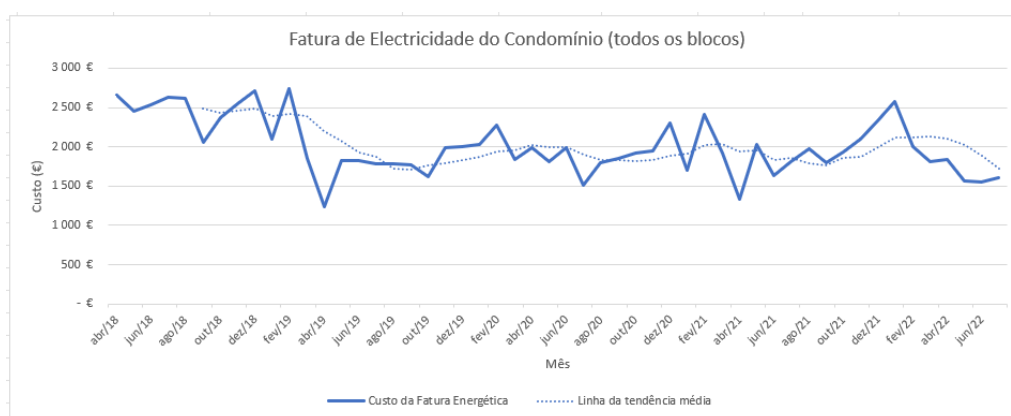


Figura 4.2: Evolução do preço da fatura energética do condomínio da CER Alta de Lisboa

Outra forma de verificar a poupança obtida é analisando os valores médios mensais por bloco. Na figura 4.3, temos a confirmação de que os valores de 2018 não coltaram a ser atingidos, permitindo reduzir a fatura de energia em todos os blocos.

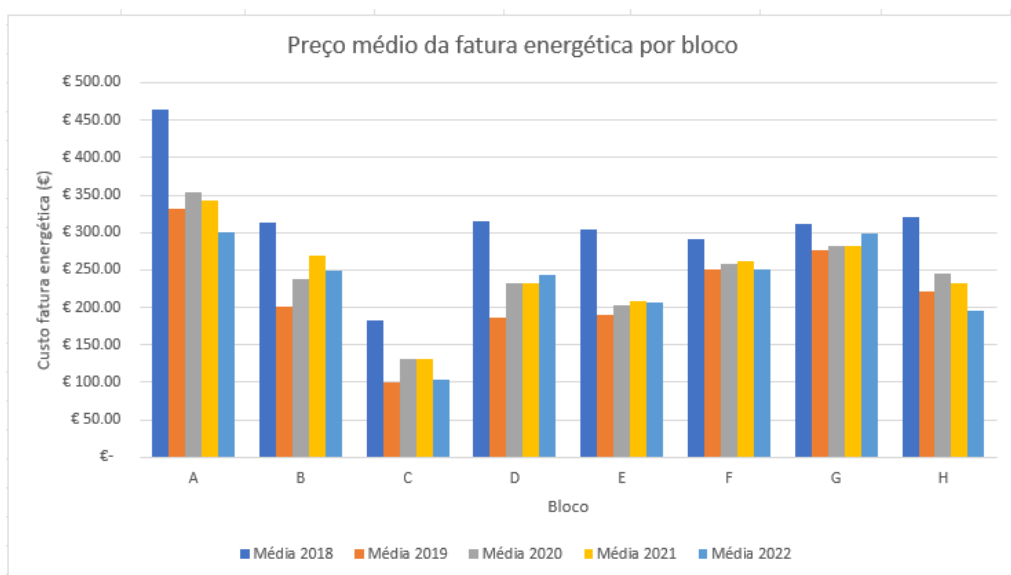


Figura 4.3: Preço médio da fatura energética por bloco da CER Alta de Lisboa

Do estudo que a Coopérnico realizou em 2020, resultou a conclusão de que a cobertura tinha capacidade para a instalação de mais 56 kWp de potência fotovoltaica. Tal resultaria num investimento de cerca de 53 mil euros, com um tempo de retorno de pouco mais de 5 anos. Com um tempo de vida do material de 25 anos, o retorno atingiria 130 mil euros. Destes, ainda só foram instalados 10 kWp, num investimento de cerca de 15 mil euros. O *payback* deste investimento realizado é estimado por volta dos 4 anos, dependendo da utilização ou não da RESP e da isenção dos CIEG.

De forma a calcular os benefícios ambientais da instalação fotovoltaica do condomínio, foi calculada a redução de emissões de CO₂ para a atmosfera. Para tal, é necessário conhecer o

fator de CO₂, que indica a quantidade de CO₂ que se forma durante a produção de um MWh de eletricidade. Este valor depende do *mix* energético do país em questão [19].

No Sistema Elétrico Português, as emissões de GEE têm diminuído como consequência do aumento da participação das energias renováveis, da introdução do gás natural e da progressiva redução da produção a partir de carvão. Segundo dados da Agência Portuguesa do Ambiente, o Fator de Emissão médio (entre 2016 e 2020) em Portugal Continental foi de 0,257 tCO₂/MWh [91].

Assim, a fórmula para o cálculo da redução de emissões de CO₂ é:

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{)} = \text{Eletricidade produzida (MWh)} * \text{Fator de CO}_2 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \quad (4.1)$$

Assim, partindo da potência instalada em cada fase do projeto, foi possível calcular a poupança ambiental anual. Para isso, foi necessário converter a potência instalada (kWp) em produção anual (kWh). Em Portugal, o rendimento médio típico de um sistema fotovoltaico varia entre 1 000 a 1 500 horas equivalentes de produção por kWp instalado anualmente [92]. Foi utilizado o valor de 1 500 na estimação da relação entre kWp e kWh. Desta forma, foi possível efetuar os cálculos da poupança ambiental. Os valores encontram-se apresentados na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Redução das emissões de CO₂ por fase de instalação da CER Alta de Lisboa

Ano	Potência Instalada (kWp)	Produção Anual Estimada (MWh)	Coeficiente ambiental (tCO ₂ /MWh)	Poupança ambiental (tCO ₂ /ano)
2017	3.3	4.95	0.257	1.27215
2018	17.94	26.91		6.91587
2021	27.6	41.4		10.6398

Como se pode verificar, a instalação atual existente no condomínio representa uma poupança anual de mais de 10 toneladas de emissões de CO₂. Assim, para este caso de estudo, confirmam-se os benefícios ambientais das CER, apresentados na revisão bibliográfica.

Por fim, foi, ainda, verificada a proximidade de dados de simulação com dados reais. Para isso, recorreu-se ao *software Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*, que calcula os valores horários de produção anual para uma dada localização. Segundo esta ferramenta, a produção total anual da instalação é de 43,5 MWh, o que representa uma poupança anual de 11,66 tCO₂. Os valores de simulação aproximam-se, assim, fortemente dos valores reais.

4.2 Caso de Estudo: CER Agra do Amial

O projeto "Asprela + Sustentável" tem como objetivo construir um ecossistema urbano com vista à sustentabilidade ambiental e energética da zona da Asprela, no Porto. Este projeto foi desenvolvido pela Agência de Energia do Porto, em cooperação com o município e diversos associados. O principal desígnio do projeto é a energia renovável de origem solar e está na origem da criação da primeira CER da cidade do Porto, implementada entre o bairro social de Agra do Amial e a Escola Básica da Agra. Fazem parte da CER 15 UPAC instaladas no bairro social da Agra do Amial com uma potência instalada total de 101 kWp e uma UPAC na EB Agra com 13 kWp de capacidade. Assim, a CER apresenta 114 kWp de potência instalada.

A energia proveniente da instalação fotovoltaica vai abastecer os participantes na CER, sendo o excedente encaminhado para sistemas de armazenamento ou para carregadores de veículos elétricos de utilização pública, aliando, assim, a mobilidade elétrica à produção renovável de energia. Neste aspeto, está prevista a integração de três postos duplos de carregamento de veículos elétricos de 22 kW, permitindo o acesso aos carregadores aos membros da CER e a outros utilizadores. Este projeto prevê, ainda, o desenvolvimento de uma plataforma de monitorização dos consumos de energia para as famílias do Bairro de Agra do Amial. Para além disso, está a ser considerado um sistema de recompensas que potencie a eficiência energética, a redução de consumos e a maximização do impacto da CER. Desta forma, será possível, no contexto da Habitação Social do Porto, rastrear a pobreza energética presente na região, identificando as medidas de mitigação deste problema a nível nacional. Por fim, é prevista a criação de uma plataforma virtual, "Hub Asprela +++", através da qual será possível aferir os resultados do projeto e recolher dados sobre aspetos como as emissões de Gases de Efeitos de Estufa ou a qualidade do ar e da água, por exemplo.

O projeto foi financiado em cerca de 1 milhão de euros, na sequência de uma candidatura bem sucedida ao programa "Ambiente, Alterações Climáticas e Economia de Baixo Carbono", promovido pela EEA Grants. Recebeu, também, a distinção de projeto-piloto pela ERSE, pelo potencial de replicação em projetos futuros que envolvem autoconsumo e comunidades de energia. O "Asprela + Sustentável" promete deixar uma marca positiva na cidade do Porto, ao promover o aumento da penetração de energias renováveis na cidade, reduzindo emissões e unindo esforços no sentido da transição energética. O projeto pretende, ainda, sensibilizar e educar os cidadãos para que os benefícios da CER sejam maximizados [93].

Segundo dados fornecidos pela Agência de Energia do Porto, estão presentes na cidade 50 bairros de habitação social, o que representa cerca de 13,3% da habitação total. O consumo anual de eletricidade estimado para estes bairros é de 30 GWh, existindo um potencial fotovoltaico de 6 MWp, com produção anual estimada de 8,6 GWh. Ou seja, cerca de um terço das necessidades energéticas podem ser produzidas localmente nos próprios edifícios.

O bairro da Agra do Amial, representado na figura 4.4, foi construído em 1960, tendo sido remodelado em 2002 e, mais recentemente, sofrido alterações na cobertura, no ano de 2017. É constituído por 181 habitações e habitado por 355 residentes, cuja renda média mensal ronda os 29€, abaixo dos 59€ de renda social média da cidade. Anexa ao bairro, a Escola Básica da Agra

acolhe cerca de 125 estudantes, desde o Jardim de Infância ao 4º ano de escolaridade.



Figura 4.4: Vista aérea do Bairro de Agra do Amial

No que toca ao dimensionamento da potência fotovoltaica da CER, a AdE Porto utilizou perfis de consumo reais com dados de contadores, de forma a otimizar a utilização de energia gerada. Foram, também, alvo de análise as várias abordagens de partilha de energia, nomeadamente, a utilização de coeficientes de partilha fixos ou proporcionais ao consumo e a incorporação de soluções integradas de armazenamento e carregamento de veículos elétricos. Os dados fornecidos pela AdE Porto para a realização deste trabalho contemplavam, unicamente, a utilização de coeficientes de partilha proporcionais ao consumo e não consideravam nenhum sistema de armazenamento.

A CER ainda continua a aguardar o desfecho do processo de licenciamento, sendo que os painéis estão instalados, mas desligados, uma vez que nem têm permissão para injetar na rede. Este foi um grande entrave para o sucesso do projeto, com a ausência de canais para o apoio ao licenciamento e a impossibilidade de registo de CER municipais no portal do licenciamento. Também foram notadas dificuldades na comunicação com o Operador da Rede de Distribuição para o acesso a informação de consumos e infraestrutura (inexistência de *smart meters* e PTs com DTC). Foi, ainda, notada uma ausência de financiamento e benefícios fiscais para projetos destinados ao combate à pobreza energética e a incerteza quanto ao comportamento e comprometimento dos consumidores. No entanto, crê-se que a concretização dos primeiros projetos irá abrir as portas para a facilitação dos processos e para a disseminação das CER.

Os dados fornecidos pela Agência de Energia do Porto continham:

- Consumo agregado das 181 habitações (obtidos pela E-Redes, através de contadores inteligentes instalados);
- Perfil de Produção por UPAC para cada entrada;
- Simulador que relaciona consumos/produções agregadas;
- Simulador adicional para a representação da adesão de cerca de metade dos moradores, de modo a validar o impacto no aproveitamento da produção FV;
- Folha com consumo/produção na EB Agra do Amial.

Através dos dados do perfil de produção por UPAC, foi possível verificar os níveis de produção mensal nas habitações e na escola, apresentados na figura 4.5. Como seria de prever, a produção é maior nos meses de maior exposição solar, sendo o mês de julho o mês com maior produção. O valor total da produção da CER é de cerca de 160 MWh/ano, sendo 88% proveniente das habitações e 12% proveniente da EB da Agra.

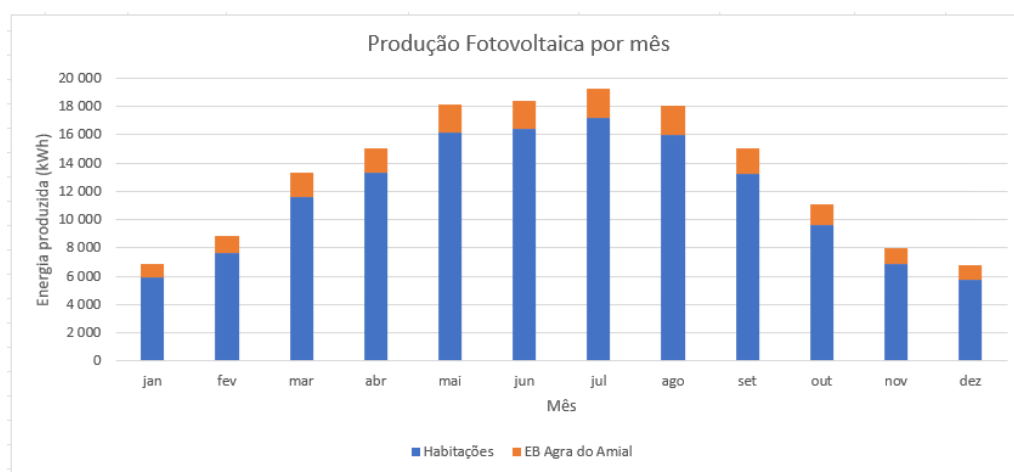


Figura 4.5: Energia produzida por mês na CER Agra do Amial

Já recorrendo aos dados de consumo agregado das 181 habitações, fornecidos pela E-Redes através de contadores inteligentes instalados, foi possível traçar o comportamento horário diário da CER (figura 4.6). É possível verificar que a curva de consumo apresenta um máximo relativo às 13h, horário normalmente coincidente com a hora de almoço e com maior gasto de energia, e um máximo absoluto entre as 20h e 21h, coincidente com o período do jantar e de maior concentração de pessoas nas suas habitações. De realçar que, durante o primeiro pico de consumo, a maioria da energia provém da instalação fotovoltaica da CER, recorrendo à RESP apenas para compensação; ao passo que, no segundo pico, por se dar num horário sem exposição solar e não estar a ser considerado um sistema de armazenamento, o consumo recorre totalmente à RESP. É, ainda, possível verificar um valor de injeção de energia na rede que, como só ocorre nos meses de maior exposição solar, aparece com um valor bastante reduzido nesta média anual.

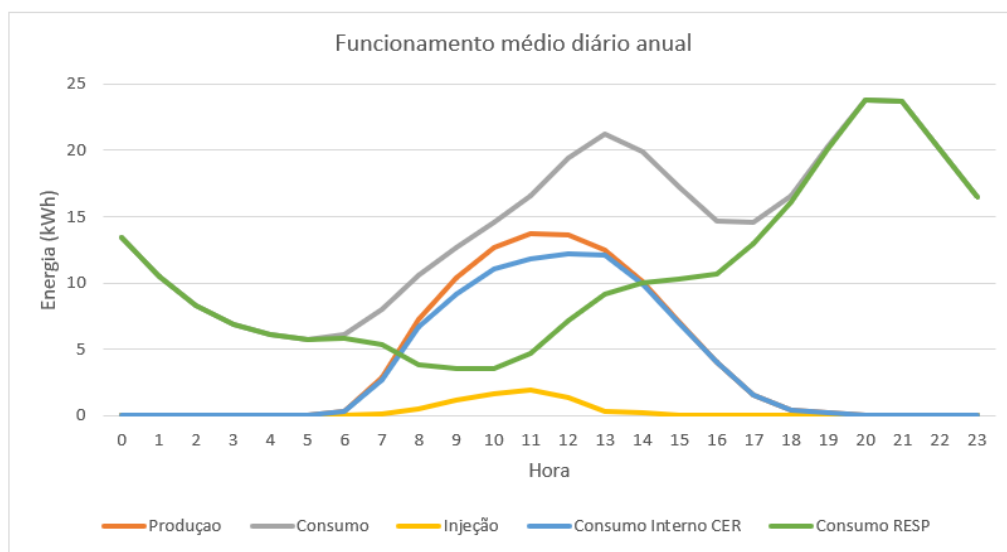


Figura 4.6: Média anual do comportamento horário da CER Agra do Amial

De notar que:

$$\text{Produção} = \text{Consumo Interno CER} + \text{Injeção} \quad (4.2)$$

e

$$\text{Consumo} = \text{Consumo RESP} + \text{Consumo Interno CER} \quad (4.3)$$

Para perceber melhor o funcionamento num dia de grande exposição solar, foi isolado o comportamento num dia do mês de julho, na figura 4.7. É possível verificar que a produção cobre o consumo durante grande parte do dia, havendo lugar a injeção da energia excedente na rede. Durante largas horas do período de exploração solar, a CER é autossuficiente, não recorrendo à energia da RESP.

Analisando a distribuição mensal da energia elétrica (figura 4.8) observa-se que, nos meses de maior produção, a energia elétrica proveniente da produção fotovoltaica assegura mais de 40% da energia gasta por cada habitação, garantindo um mínimo de 9% no mês de janeiro.

Foi, ainda, analisada a hipótese de só uma parte dos moradores do bairro (73 habitações) aderirem à proposta de fazerem parte da CER. Neste caso, a produção seria a mesma, mas a energia seria apenas distribuída pelas 73 habitações. Como é possível observar na figura 4.9, nestas condições, o consumo diretamente da RESP diminui bastante, sendo que a produção interna consegue assegurar o consumo durante as horas de maior produção. Consequentemente, não havendo sistema de armazenamento, verifica-se um grande aumento de injeção na rede.

Comparando os valores de produção para os dois níveis de adesão de habitações (figura 4.10), verifica-se que no caso de adesão de 73 habitações há uma elevada percentagem de energia injetada na rede. Tal deve-se ao exceder da produção em relação ao consumo durante grande parte das horas nos dias de maior exposição solar. Para a mesma produção, verifica-se uma redução do

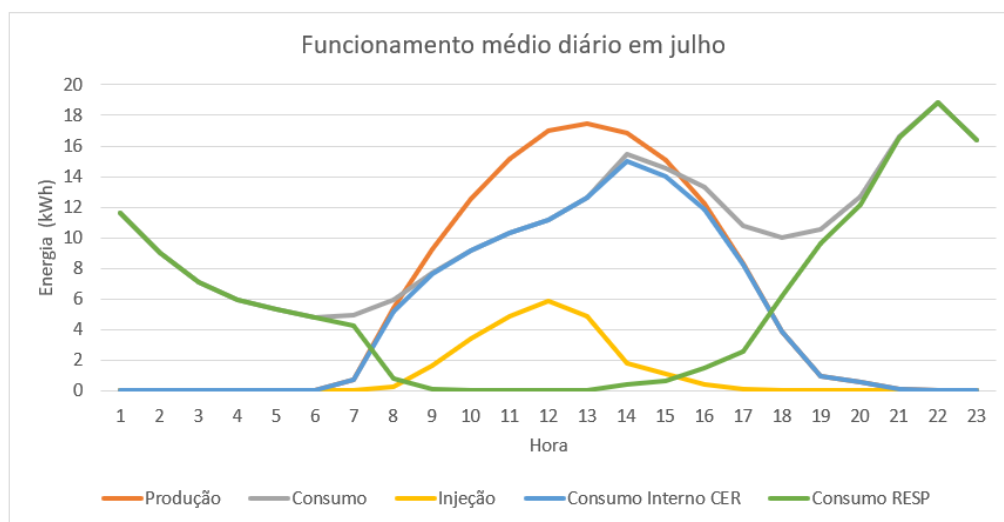


Figura 4.7: Comportamento médio diário durante o mês de julho da CER Agra do Amial

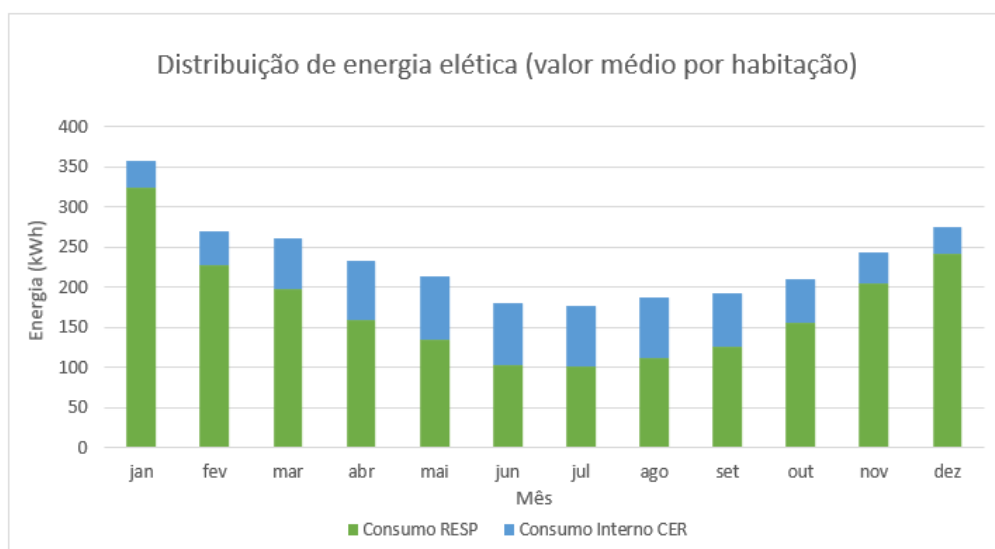


Figura 4.8: Distribuição da energia elétrica da CER Agra do Amial

consumo, uma vez que houve uma redução significativa do número de consumidores. No caso de adesão da totalidade das habitações, verifica-se que 92% da energia produzida é consumida, sendo injetada apenas uma pequena percentagem. Assim, verifica-se que a instalação se encontra bem dimensionada para a adesão da totalidade das habitações.

Já procedendo à análise da energia consumida nos dois casos (figura 4.11), verifica-se uma maior percentagem de consumo proveniente da instalação fotovoltaica no caso de adesão de 73 habitações. Com a adesão total, a CER é capaz de assegurar 26% do consumo de energia.

Já os dados relativos à EB Agra do Amial foram tratados à parte, uma vez que se trata de uma unidade com um perfil de consumo bastante diferente das restantes habitações. Na figura 4.12, é possível constatar elevados valores de consumo nos meses de inverno, certamente relacionados

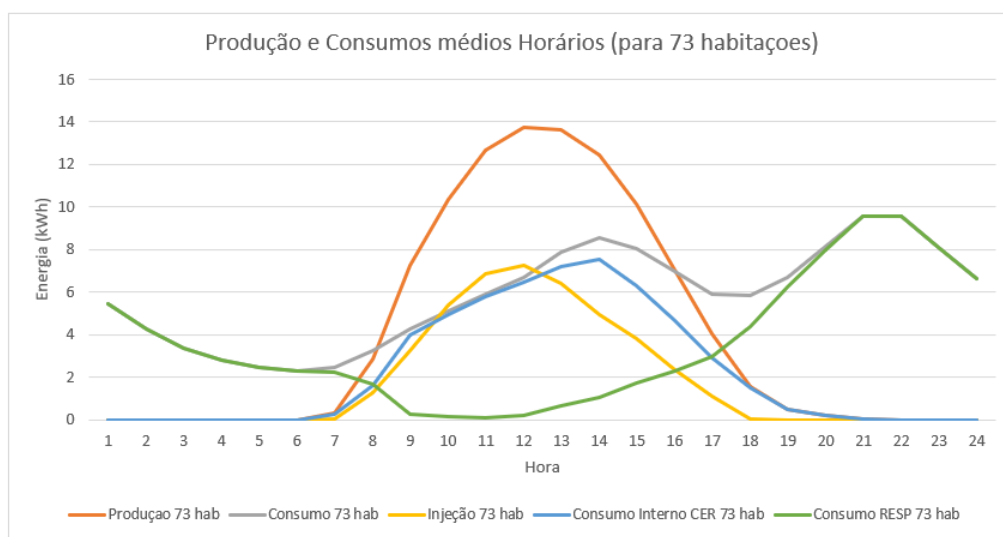


Figura 4.9: Produção e Consumos para 73 habitações da CER Agra do Amial

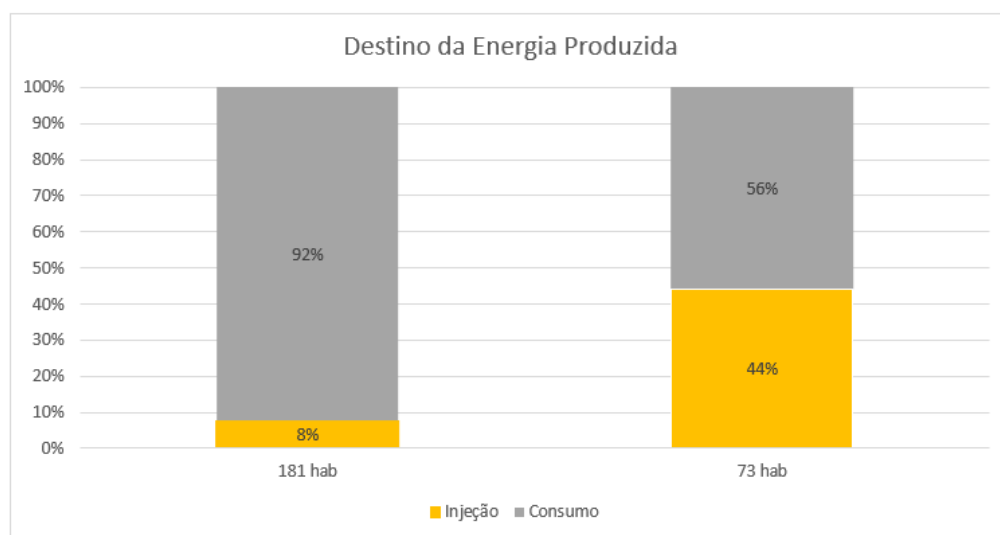


Figura 4.10: Destino da Energia Produzida na CER Agra do Amial

com o sistema de aquecimento da escola. Nos meses de verão, verifica-se uma redução do consumo e consequente excedente de produção, uma vez que se trata de um mês de férias escolares. Especificamente no mês de agosto, o consumo é praticamente nulo, o que indica que o estabelecimento se encontra encerrado. Olhando aos valores médios horários (figura 4.13), observam-se valores de consumo elevados nas primeiras horas do dia. Tal apenas se verifica nos meses de inverno, devendo ser uma repercussão do sistema de aquecimento da escola.

Quanto aos impactos ambientais da CER em questão, foi importante calcular a redução de emissões de CO₂ provocada pela produção fotovoltaica. Para tal, foi utilizada a expressão 4.1, que necessita do fator de CO₂ do país (0,257 tCO₂/MWh) [91]. Para o caso da CER de Agra do Amial, a produção anual de energia combinada entre as habitações e a EB da Agra é de 159,98 MWh/ano.

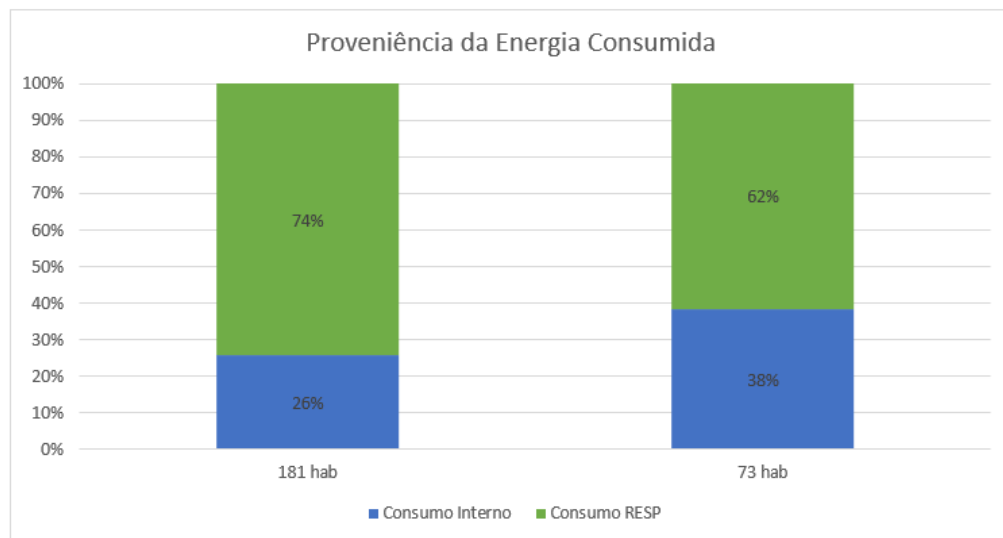


Figura 4.11: Proveniência da Energia Consumida na CER Agra do Amial

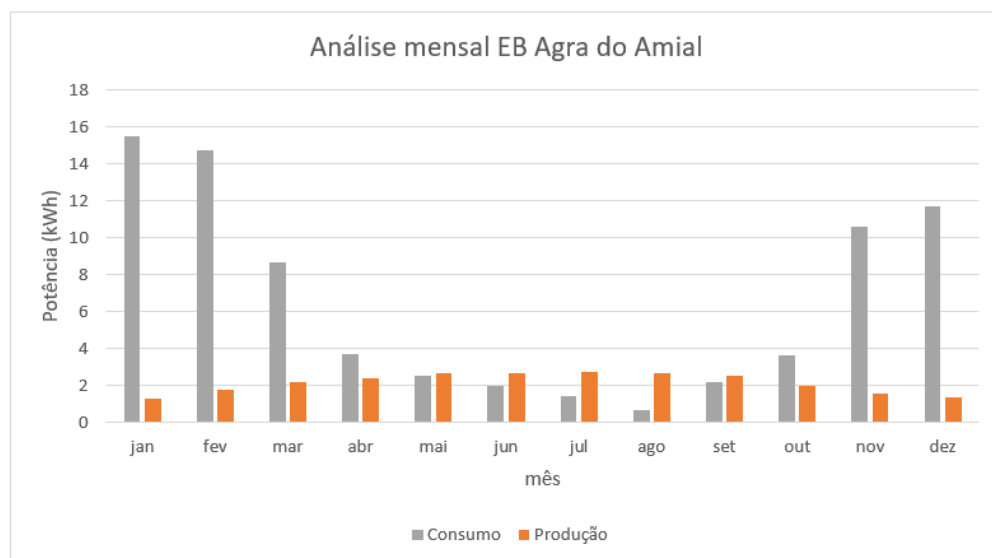


Figura 4.12: Análise mensal dos consumos e produção da EB Agra do Amial

Com estes valores, é possível obter as emissões evitadas:

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{)} = 159,98 \text{ (MWh)} * 0,257 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \quad (4.4)$$

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{)} = 41,11 \text{ tCO}_2 \quad (4.5)$$

Assim, a nível ambiental, a implementação desta CER permite evitar a emissão de 41,11 toneladas de dióxido de carbono anuais para a atmosfera. Recorrendo ao PVGIS, é possível obter a simulação dos valores de produção para cada período horário. Segundo este *software*, a produção anual da CER é de 176,66 MWh, o que se transmitiria numa poupança de 47,34 toneladas de CO₂

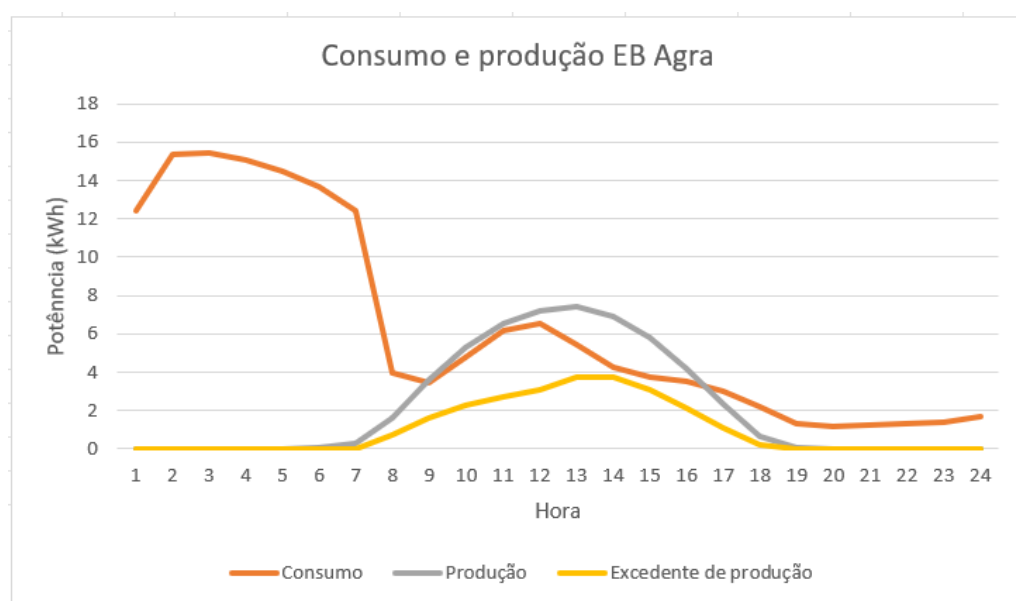


Figura 4.13: Consumos e Produções horárias da EB Agra do Amial

anuais. Estes valores diferem um pouco dos dados originais, fornecidos pela AdEPorto.

Para a análise dos benefícios económicos que a implementação da CER trará para as famílias, foi simulada a adoção de um tarifário de energia tri-horário diário. Este faz a distinção entre período de Inverno e Verão e faz a divisão dos períodos horários em horas de vazio, horas de cheia (fora de vazio) e horas de ponta. Na tabela 4.5, encontram-se os horários correspondentes a cada um dos períodos.

Tabela 4.5: Períodos da tarifa tri-horária diária

	Vazio	Cheia	Ponta
Verão (Abril-Setembro)	22h-08h	8h-10h30	10h30-13h
		13h19h30	19h30-21h
		21h-22h	
Inverno (Outubro-Março)	22h-08h	8h-9h	9h-10h30
		10h30-18h	18h-20h30
		20h30-22h	

Quanto ao preço do kWh de cada período, foram usados os valores de um dos fornecedores do mercado nacional presentes na tabela 4.6.

Assim, partindo dos valores do consumo agregado fornecidos, foi possível calcular os custos anuais com a eletricidade das 181 habitações. Os valores encontram-se condensados na tabela 4.7. Verifica-se que, com a instalação da CER, o custo anual com a energia reduz 27%, havendo uma poupança de mais de 23 mil euros anuais. Olhando para os valores por habitação, é possível constatar que o valor médio da fatura mensal de eletricidade passa de 40,68 € para 29,76 €,

Tabela 4.6: Preços do tarifário tri-horário de energia

Tarifário Tri-horário		
Ponta	0.2314	€/kWh
Cheia	0.1679	€/kWh
Vazio	0.1034	€/kWh

permitindo uma poupança de 10,92 € por mês, que, anualmente, representa uma poupança de 131,06 €.

Estes valores comprovam a eficácia das Comunidades de Energia Renovável como um mecanismo para reduzir os custos com a eletricidade e no combate à pobreza energética, sendo indicadas para projetos sociais como este.

Tabela 4.7: Análise aos custos com energia na CER Agra do Amial

	Sem CER		Com CER	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Custo Vazio	15 111.94 €		14 654.01 €	
Custo Cheia	25 236.29 €	17 122.66 €	18 882.44 €	8 079.55 €
Custo Ponta	20 687.90 €	10 199.64 €	18 363.02 €	4 656.88 €
Custo Total	88 358.42 €		64 635.90 €	
Poupança anual total	23 722.52 €			
Custo Anual/hab	488.17 €		357.10 €	
Poupança anual/hab	131.06 €			
Custo mensal/hab	40.68 €		29.76 €	
Poupança mensal/hab	10.92 €			

4.3 Caso de Estudo: CER Grupo DST

A CER implementada no campus do grupo DST foi uma das primeiras a ter luz verde do licenciamento em Portugal, sendo mesmo a primeira de cariz industrial. Encontra-se em funcionamento desde o final do ano de 2022 e apresenta 736 kW de potência instalada.

O objetivo é aliar a poupança nas despesas com a eletricidade à produção de energia renovável, gerando benefícios para as várias empresas do grupo. Prevê-se que a CER forneça entre 30% a 40% da energia necessária para o funcionamento das empresas do grupo.

O campus do grupo DST é constituído por 1 milhão de metros quadrados de área útil, com vários pólos industriais. Este polo empresarial é alimentado em MT (15 kV) e apresenta dois CPE alimentados por subestações diferentes e uma rede interna. A ideia da CER passou por alterar os mecanismos existentes até então em cada CPE, sendo um deles direccionado para a injeção na rede e outro para o autoconsumo.

Assim, a CER do grupo DST é constituída por duas UPAC:

- **UPAC Bysteel FS:** constituída por 1 758 módulos de 280 Wp cada, apresenta uma potência instalada de 492,25 kWp e recorre a cinco inversores de 100 kWp.
- **UPAC Centro Logístico DST Braga:** constituída por 720 módulos de 335 Wp, totaliza 241 kWp de potência instalada e apresenta dois inversores de 100 kWp e um de 36 kWp.

Na figura 4.14, é apresentada uma vista aérea do campus com a instalação dos painéis fotovoltaicos e com a delimitação das duas UPAC.



Figura 4.14: Vista aérea do Campus DST e delimitação das UPAC

Dado que a entrada em funcionamento da CER ainda não cumpriu um ano, não é possível realizar uma análise de comportamento anual da instalação. No entanto, dada a importância de utilizar dados reais para validar as questões de investigação desta dissertação, é considerada uma análise mensal com os dados fornecidos pela empresa, referentes ao mês de abril de 2023.

Na figura 4.15 encontram-se os valores de produção, autoconsumo e energia partilhada referentes às duas UPAC: UPAC Centro Logístico e UPAC Bysteel FS. É possível verificar que os valores de autoconsumo são semelhantes nas duas UPAC, sendo que, devido à menor capacidade de produção instalada no Centro Logístico, o autoconsumo representa uma maior fatia da energia produzida (39%) do que na Bysteel FS (21%). Toda a restante energia que não é autoconsumida, é partilhada com as restantes empresas do Campus. A UPAC Bysteel FS partilha 79% da energia produzida com as restantes empresas do grupo.

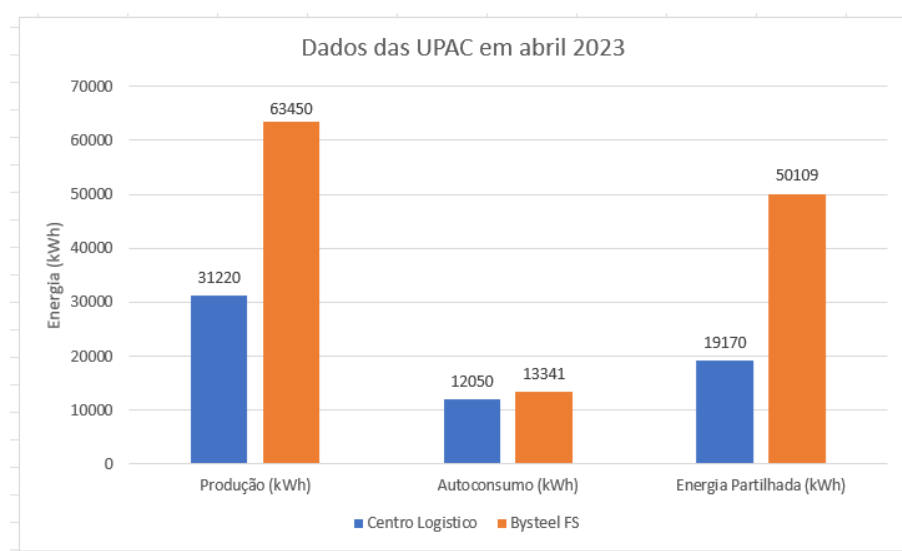


Figura 4.15: Valores de ambas as UPAC relativos ao mês de abril 2023

Para a partilha de energia entre empresas do grupo, foram adotados coeficientes de partilha proporcionais ao consumo. A distribuição da energia partilhada encontra-se no gráfico da figura 4.16, verificando-se uma pluralidade de beneficiários.

Como apresentado na figura 4.17, a energia produzida pelas duas UPAC contabiliza cerca de 26% do consumo total do grupo, o que permite reduzir de forma importante a energia consumida à rede e, consequentemente, os gastos com energia.

Uma vez que os dados disponibilizados eram apenas referentes ao mês de abril e apresentavam somente a produção agregada, recorri ao *software Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS), que calcula os valores horários de produção anual para uma dada localização. Segundo esta ferramenta, a produção anual total da CER é de cerca de 1 GWh. Partindo destes valores e do fator de CO₂ (0,257 tCO₂/MWh), foi possível calcular o impacto ambiental da CER, através da expressão 4.1, dando origem à formulação da expressão 4.6 e ao valor apresentado na expressão 4.7.

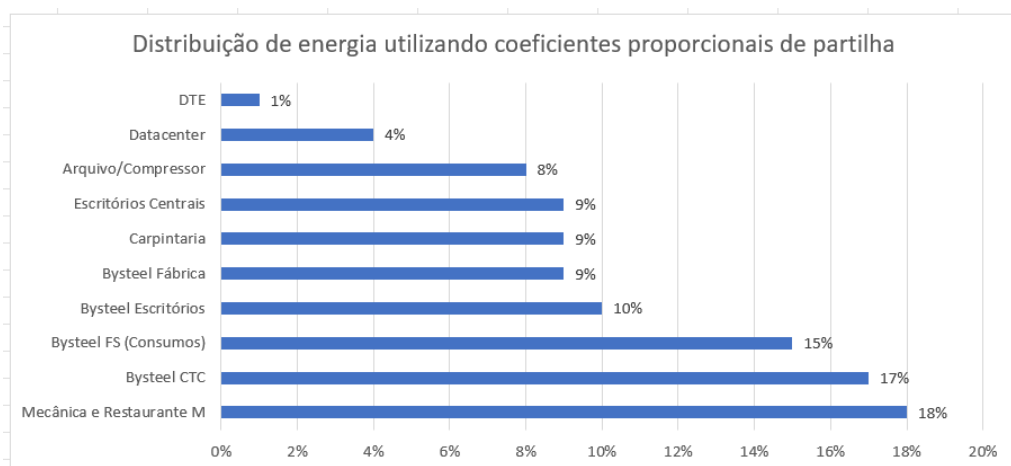


Figura 4.16: Partilha de energia pela comunidade utilizando coeficientes proporcionais de partilha

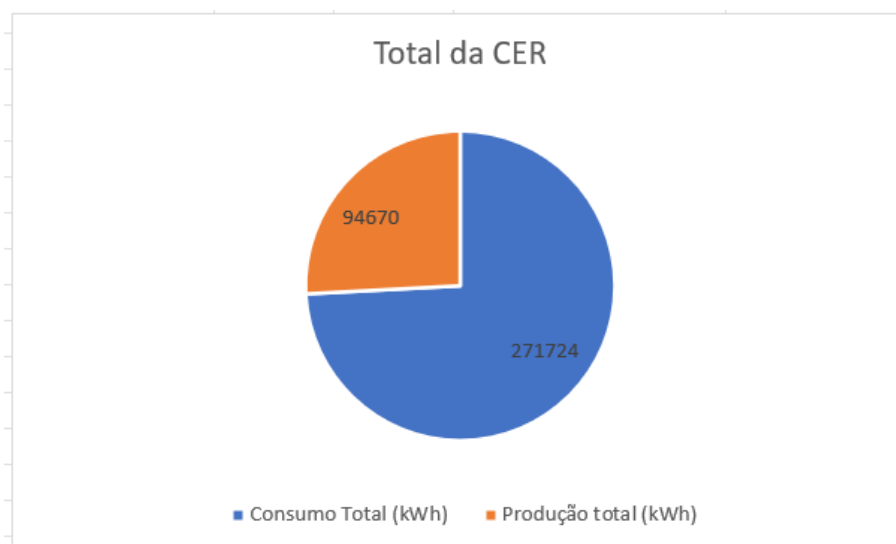


Figura 4.17: Impacto da produção da CER grupo DST no consumo total da empresa

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{)} = 1011,99 \text{ (MWh)} * 0,257 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \quad (4.6)$$

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ evitadas (tCO}_2\text{)} = 260,08 \text{ tCO}_2 \quad (4.7)$$

Assim, a criação da CER no campus DST permite evitar a emissão de cerca de 260 toneladas de CO₂ anuais para a atmosfera.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

As Comunidades de Energia Renovável atravessam um processo de grande emancipação e crescimento, apresentando-se como uma solução para resolver os impasses e problemas dos sistemas de energia atuais, e ir de encontro aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Com a entrada em funcionamento dos primeiros exemplos de CER em Portugal, importa, partindo de dados reais, verificar quais os benefícios destas para os participantes e para o Sistema de Energia.

Neste trabalho, inicialmente, foi feita uma análise às legislações europeias e nacionais em matéria de energia. Os pacotes legislativos europeus refletem o compromisso da UE em liderar os esforços globais para combater as mudanças climáticas e reduzir as emissões de Gases de Efeito de Estufa. Os esforços europeus estão a ser realizados e os objetivos são bastante ambiciosos, bem como as sanções para os países incumpridores. Tudo aponta para que a UE consiga cumprir a sua parte do Acordo de Paris e que não será por falha dos países europeus que não se atingirá a neutralidade carbónica até 2050. Os responsáveis pelos grandes volumes de emissões de GEE são países como a China, a Índia ou os Estados Unidos e estes devem implementar planos ambiciosos em que se comprometam a reduzir as suas emissões, tal como a UE tem feito.

A nível da legislação nacional, Portugal foi dos primeiros países a transpor a Diretiva das Energias Renováveis e tem atualizado a sua legislação onde estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional. A recente revisão do PNEC reafirma a aposta nas energias renováveis e mostra uma forte aposta na energia de fonte solar fotovoltaica, nomeadamente, em sistemas de produção descentralizada. Para tal se verificar na prática, terá de ser levantada a barreira dos problemas de licenciamento, que tem atrasado em anos a entrada em funcionamento de projetos de produção descentralizada. Esta revisão do PNEC promete, ainda, melhorias nesse aspeto, devendo ser facilitados e agilizados os processos de licenciamento, particularmente, através da criação de uma plataforma para o efeito e do reforço dos recursos humanos das entidades licenciadoras, como a DGEG ou a APA.

Através da revisão bibliográfica constatou-se que as motivações deste tipo de projetos estão, de forma geral, associadas aos benefícios ambientais, económicos e sociais que as Comunidades de Energia Renovável podem trazer para a comunidade local. Os benefícios económicos são, frequentemente, mencionados como uma das razões para a implementação e/ou participação neste

tipo de projetos e estão, geralmente, associados à redução da fatura elétrica dos membros ou sócios. Estes benefícios poderão, também, estar relacionados com questões sociais, especialmente, nos casos de impulsionamento por parte dos municípios ou outras autoridades locais que, através da redução dos custos com a energia dos cidadãos, poderão contribuir para a resolução de questões sociais como a pobreza energética e o acesso a serviços essenciais. As autoridades locais podem desempenhar um grande papel na promoção das comunidades energéticas, estimulando a economia local, empoderando a região e aumentando a coesão comunitária. As CER também podem ser uma oportunidade educacional, uma vez que permitem aumentar a consciencialização sobre a produção a partir de energia renovável e a importância da poupança e eficiência energética. As CER permitem, ainda, melhorar a segurança energética, diversificando o abastecimento de energia e aumentando a resiliência das redes, tornando as comunidades menos dependentes de redes elétricas centralizadas e, consequentemente, menos vulneráveis a interrupções em cadeia do fornecimento de energia de longa distância. Por fim, os benefícios ambientais das CER estão associados à redução de emissões de Gases de Efeito de Estufa, que contribuem para a redução da poluição atmosférica, resultando no aumento da qualidade do ar e em benefícios para a saúde pública.

A valorização deste trabalho faz-se, também, pelo uso de dados reais. No entanto, contam-se pelos dedos das mãos os projetos comunitários de energia que já obtiveram luz verde do processo de licenciamento, o que dificulta a utilização de dados reais. Ainda assim, os dados provenientes das simulações são bastante completos, confiáveis e permitem tirar conclusões sobre os efeitos das CER.

O caso da CER Alta de Lisboa, apesar de ainda não estar oficialmente reconhecido como CER, mas sim como ACC, já está em funcionamento desde 2018 e permite analisar, sobretudo, as poupanças nas faturas energéticas de cada uma das partes comuns. O facto deste ser um condomínio muito específico, composto por 8 apartamentos que são vistos pela DGEG como independentes dificulta o uso destes dados. No entanto, este é um bom exemplo de iniciativa comunitária, uma vez que a ideia partiu de um dos moradores. As CER permitem isto mesmo, empoderar o cidadão, reforçando os laços comunitários e a união de esforços na procura do benefício comum. Outro ponto de destaque deste caso de estudo é a abordagem de implementação faseada, que permite ganhar a confiança dos cidadãos, uma vez que apenas depois do aparecimento dos primeiros resultados é dada continuidade ao investimento.

O caso da CER Agra do Amial está integrado num projeto peculiar, que pretende criar um laboratório vivo na zona da Asprela. A própria CER é vista como um projeto-piloto e que pode funcionar como *role-model* para outras comunidades. No entanto, depara-se, mais uma vez, com problemas de licenciamento. Os painéis já se encontram instalados nas coberturas dos apartamentos do bairro, mas ainda não existe licença para a entrada em funcionamento da CER, pelo que estes se encontram desligados, não podendo produzir a energia que poderia estar a beneficiar as centenas de moradores do bairro. Ainda assim, o projeto é bastante promissor e os dados de simulação confirmam isso mesmo. A entrada em funcionamento da CER permite a produção de 160 MWh de energia anual, contribuindo para a redução do consumo de energia da rede e, conse-

quentemente, da fatura energética. Esta CER desempenha, também, um papel muito importante a nível social, nomeadamente, no combate à pobreza energética pela disponibilização de energia a famílias desfavorecidas.

O caso de estudo do Grupo DST tem a particularidade de ser a primeira e, atualmente, a única Comunidade de Energia Renovável industrial em Portugal. É uma comunidade recente e os dados são, ainda, bastante escassos, referentes apenas a um mês de funcionamento. Ainda assim, comprovam a redução de cerca de 30% do consumo e um desconto de igual ordem na fatura de eletricidade. Este caso permite verificar que também as empresas podem beneficiar das CER e o mesmo modelo pode ser replicado por zonas industriais, favorecendo, simultaneamente, empresas e populações vizinhas.

Assim, os três casos de estudo permitiram comprovar os benefícios económicos, ambientais e sociais das CER, que procuram satisfazer as necessidades energéticas da forma mais sustentável possível, privilegiando soluções renováveis e sem emissões de gases nocivos, contribuindo para o cumprimento de metas ambientais.

Respondendo, agora, de forma direta às questões de investigação, apresentadas na Secção 1.2:

- Questão 1: Quais as vantagens de uma CER para os utilizadores?

Os principais benefícios das CER podem dividir-se em económicos, ambientais e sociais. Diretamente ligada aos utilizadores, a componente económica das CER contribui para o desenvolvimento local, enquanto reduz as faturas de energia das famílias ou de empresas e gera emprego em atividades económicas verdes. A vertente social destas comunidades também é bastante relevante para os utilizadores, uma vez que permite envolver os cidadãos na transição energética, fomentando o sentimento de pertença a uma comunidade. As CER desempenham, ainda, um importante papel no combate à vulnerabilidade e à pobreza energética.

Estes benefícios foram comprovados nos casos de estudo analisados. Na CER Alta de Lisboa, verificou-se que a implementação da instalação fotovoltaica permitiu reduzir a fatura energética do condomínio entre 6 mil a 9 mil euros anuais. A nível social, permitiu a cooperação entre os moradores, que aprovaram por unanimidade a intenção de avançar com o projeto. A CER Agra do Amial permite reduzir em 26% o consumo de energia da rede. Tal reflete-se na fatura energética, permitindo uma poupança total de mais de 23 mil euros anuais e uma redução de 27% da fatura energética mensal de cada habitação. A nível social, esta comunidade permite ajudar a combater a pobreza energética, pela disponibilização de energia a famílias desfavorecidas, e a iliteracia energética, através da sensibilização para práticas energéticas mais sustentáveis e para a redução do uso de energia. Por fim, a CER Grupo DST difere das restantes por ser uma comunidade industrial, em que os utilizadores são empresas pertencentes ao grupo. A entrada em funcionamento da CER permitiu uma poupança de cerca de 30% da fatura energética.

- Questão 2: Quais as vantagens de uma CER para o Sistema de Energia?

As CER permitem reduzir o consumo e, portanto, a energia que a empresa distribuidora tem que fornecer. Este facto aliado à aproximação dos locais de produção e consumo de energia, leva a uma redução das perdas, funcionando, assim, as CER como resposta tecnológica aos congestionamentos das redes. Por outro lado, as CER também podem reduzir os investimentos necessários com a rede, uma vez que evita o desgaste e a sobrecarga da mesma. Podem funcionar, também, como sistemas de *backup* no caso de saídas de funcionamento dos grandes sistemas produtores.

- Questão 3: Quais os impactos ambientais de uma CER?

As CER permitem reduzir as emissões de GEE para a atmosfera e aumentar a eficiência energética. Os dados recebidos de cada caso de estudo permitiram calcular a poupança de emissões de CO₂ de cada CER em estudo. A CER Alta de Lisboa permite, com a capacidade de produção atualmente instalada, uma poupança de 10,64 tCO₂/ano. Já a CER Agra do Amial consegue evitar a emissão de 41,11 tCO₂/ano. Por fim, a CER Grupo DST alcança uma redução anual de 260,08 tCO₂/ano. Assim, em todos os casos são verificados os benefícios ambientais, pela redução de emissões de CO₂ através da produção e autoconsumo de energia renovável. Particularmente, o caso da CER do Grupo DST destaca-se dos restantes, com valores muito satisfatórios para o meio ambiente, representando um exemplo para outras indústrias.

- Questão 4: Qual o impacto da automatização da gestão da produção renovável?

A automatização permite que a produção de energia renovável seja otimizada e executada com maior eficiência. Os sistemas automatizados podem ajustar a produção de energia com base no consumo em tempo real, garantindo que a energia é gerada apenas quando necessária, reduzindo as perdas de energia e aumentando a eficiência operacional. Também pode ajudar a reduzir os custos operacionais a longo prazo, uma vez que diminui a intervenção humana e aumenta a produtividade. Assim, a automatização da gestão da produção renovável oferece uma série de benefícios que podem acelerar a transição para um sistema energético mais sustentável, eficiente e resiliente, contribuindo para um futuro com menor impacto ambiental e maior segurança energética.

- Questão 5: Qual o comportamento das CER em estudo, nomeadamente, em termos de eficiência energética e dos impactos no Sistema de Distribuição?

Como referido anteriormente, as CER em estudo tiveram grandes impactos nas respetivas comunidades, verificando os benefícios ambientais, económicos e sociais que são mencionados na revisão bibliográfica. Ao aproximar os locais de produção dos locais de consumo, as CER permitem reduzir as perdas no transporte de energia e, consequentemente, aumentar a eficiência energética. O Sistema de Distribuição fica, assim, menos sobrecarregado e propício a interrupções no funcionamento.

5.1 Trabalhos Futuros

O trabalho desenvolvido nesta dissertação pode inspirar outros estudos de investigação. A forte revisão legislativa é uma boa base de partida para a análise de mais exemplos de CER em funcionamento.

Uma das limitações encontradas na execução do presente estudo foi a escassez de dados para trabalhar, devido ao reduzido número de casos de CER ativas. A entrada em vigor de mais CER vai permitir ter mais casos de estudo e uma maior abundância de dados reais. Outra das limitações foi a impossibilidade de calcular as perdas no Sistema de Energia, devido à falta de dados.

Como trabalhos futuros, seria interessante comparar o comportamento do Sistema de Energia antes e após a inclusão das CER. Outra das sugestões é a realização dos estudos de funcionamento das CER com outro tipo de coeficiente de partilha que não o proporcional ao consumo, nomeadamente, recorrendo a coeficientes fixos ou sistemas de gestão dinâmica.

Assim, seria interessante que a análise realizada no Capítulo 4 pudesse ser reaproveitada e melhorada, com a entrada em funcionamento da CER Agra do Amial e finalizado o processo de licenciamento da CER Alta de Lisboa. Também seria relevante realizar o estudo do funcionamento da CER Grupo DST com dados de, pelo menos, um ano de funcionamento.

Referências

- [1] E. Marrasso, C. Roselli, e M. Sasso. Electric efficiency indicators and carbon dioxide emission factors for power generation by fossil and renewable energy sources on hourly basis. *Energy Conversion and Management*, 196:1369–1384, 9 2019. doi:10.1016/J.ENCONMAN.2019.06.079.
- [2] Conselho Europeu. Aumento dos preços da energia desde 2021 - Consilium, 2023. URL: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/energy-price-s-2021/>.
- [3] Parlamento Europeu. Mercado interno da energia, 2023. URL: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/45/mercado-interno-da-energia>.
- [4] OMIE. Mercado da electricidade. URL: <https://www.omie.es/pt/mercado-de-electricidad>.
- [5] João Paulo Tomé Saraiva, José Luís Pinto Pereira, Maria Teresa Costa Pereira da Silva, e Ponce de Leão. *Mercados De Electricidade*. FEUP edições, 2002.
- [6] Piotr F Borowski. Zonal and nodal models of energy market in european union. *Energies*, 13(16):4182, 2020.
- [7] European Comission. Repowereu: A plan to rapidly reduce dependence on russian fossil fuels and fast forward the green transition [online]. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131.
- [8] Matthew J Burke e Jennie C Stephens. Energy democracy: Goals and policy instruments for sociotechnical transitions. *Energy research & social science*, 33:35–48, 2017.
- [9] C Pons-Seres de Brauwer e Jed J Cohen. Analysing the potential of citizen-financed community renewable energy to drive europe’s low-carbon energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133:110300, 2020.
- [10] Binod Prasad Koirala, Elta Koliou, Jonas Friege, Rudi A Hakvoort, e Paulien M Herder. Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56:722–744, 2016.
- [11] Francesca Ceglia, Elisa Marrasso, Giovanna Pallotta, Carlo Roselli, e Maurizio Sasso. The state of the art of smart energy communities: A systematic review of strengths and limits. *Energies*, 15(9):3462, 2022.
- [12] ADENE. Autoconsumo e Comunidades de Energia Renovável: Guia Legislativo, 2022.

- [13] F. Ceglia, P. Esposito, A. Faraudello, E. Marrasso, P. Rossi, e M. Sasso. An energy, environmental, management and economic analysis of energy efficient system towards renewable energy community: The case study of multi-purpose energy community. *Journal of Cleaner Production*, 369:133269, 10 2022. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2022.133269.
- [14] Rescoop. *Comunidades de Energia: Um Guia Prático*, 2021.
- [15] Jakub Jasiński, Mariusz Kozakiewicz, e Maciej Sołtysik. Determinants of energy co-operatives' development in rural areas—evidence from Poland. *Energies*, 14, 1 2021. doi:10.3390/EN14020319.
- [16] European Comission. Rural Energy Communities Hub. URL: https://rural-energy-community-hub.ec.europa.eu/index_en.
- [17] Pedro Guimarães, Armando Moreno, João Mello, e José Villar. A framework for circular energy communities in the agricultural sector with a cogeneration case study. Em *2023 19th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, páginas 1–6. IEEE, 2023.
- [18] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro. *Diário da República*, 2019.
- [19] A. Cielo, P. Margiaria, P. Lazzeroni, I. Mariuzzo, e M. Repetto. Renewable energy communities business models under the 2020 italian regulation. *Journal of Cleaner Production*, 316:128217, 9 2021. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2021.128217.
- [20] Richard Tuckett. Greenhouse gases and the emerging climate emergency. Em *Climate Change*, páginas 19–45. Elsevier, 2021.
- [21] UNFCCC. The Paris Agreement. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.
- [22] Conselho Europeu. Acordo de Paris sobre alterações climáticas, 2022. URL: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/paris-agreement/>.
- [23] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (ar6), 2022. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf.
- [24] Noah S. Diffenbaugh e Elizabeth A. Barnes. Data-driven predictions of the time remaining until critical global warming thresholds are reached. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120, 2 2023. doi:10.1073/PNAS.2207183120/-DCSUPPLEMENTAL.
- [25] International Energy Agency. Tripling renewable power capacity by 2030 is vital to keep the 1.5°C goal within reach – Analysis, 2023. URL: <https://www.iea.org/commentaries/tripling-renewable-power-capacity-by-2030-is-vital-to-keep-the-150c-goal-within-reach>.
- [26] United Nations Environment Programme. Emissions gap report: The closing window climate crisis calls for rapid transformation of societies, 2022. URL: <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>.

- [27] Conselho Europeu. Regulamento (UE) 2018/ 1999 - de 11 de dezembro de 2018 - relativo à governação da união da energia e da ação climática. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2018.
- [28] European Comission. Commission presents Renewable Energy Directive revision [online]. URL: https://commission.europa.eu/news/commission-presents-renewable-energy-directive-revision-2021-07-14_en.
- [29] Christina E Hoicka, Jens Lowitzsch, Marie Claire Brisbois, Ankit Kumar, e Luis Ramirez Camargo. Implementing a just renewable energy transition: Policy advice for transposing the new european rules for renewable energy communities. *Energy Policy*, 156:112435, 2021.
- [30] European Comission. Accelerate the rollout of renewable energy, 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_2061.
- [31] European Comission. Clean energy for all europeans package [online]. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-y-all-europeans-package_en.
- [32] Comissão Europeia. Pacto Ecológico Europeu [online]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=SL>.
- [33] Conselho Europeu. Pacote Objetivo 55 [online]. URL: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- [34] European Council. Fit for 55 - The EU's plan for a green transition - Consilium [online]. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#package>.
- [35] REPowerEU: Council agrees on accelerated permitting rules for renewables - Consilium [online]. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/19/repowereu-council-agrees-on-accelerated-permitting-rules-for-renewables/>.
- [36] European Parliamentary Research Service. Fit for 55 package, 2022. URL: <https://epthinktank.eu/2022/06/05/fit-for-55-package/>.
- [37] European Commission. New law agreed to deploy alternative fuels infrastructure, 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1867.
- [38] European Comission. EU Solar Energy Strategy, 2022. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0221&from=EN>.
- [39] Commission announces 100 cities participating in EU Mission [online]. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_2591.
- [40] European Commission, Directorate-General for Research, e Innovation. *EU missions: 100 climate-neutral and smart cities*. Publications Office of the European Union, 2022. doi:doi/10.2777/191876.

- [41] Agência de Energia Porto. Pacto dos Autarcas para o Clima e a Energia [online]. URL: <https://www.adeporto.eu/pt/projetos/pacto-dos-autarcas-para-o-clima-e-a-energia/>.
- [42] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro. *Diário da República*, 2022.
- [43] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 72/2022, de 19 de outubro. *Diário da República*, 2022.
- [44] José Villar, João Mello, e João Peças Lopes. Coordenação com o sistema energético. *Comunidades de Energia Renovável*, páginas 57–84, 2023. URL: <https://ebooks.uminho.pt/index.php/uminho/catalog/view/109/158/2290-1>.
- [45] Direção Geral de Energia e Geologia. Regulamento técnico e de qualidade 2. *Direção Geral de Energia e Geologia*, 2019. URL: https://apesf.pt/images/eventos_calendario/anexos/2019_12_19_RTQ.pdf.
- [46] European Energy Network. Energy poverty mitigation in Europe potential role for Renewable Energy Communities. 2023. URL: https://enr-network.org/wp-content/uploads/EnR-Study_EnergyPoverty-2023-final.pdf.
- [47] Guilherme Machado e Figueiredo. Gestão de Autoconsumo de Comunidades de Energia Renovável em Núcleos Rurais. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2021.
- [48] Edifícios Energia. Poder às pessoas: Como as CER estão a reformular o mercado da energia, 2023.
- [49] Rescoop. Energy communities under the clean energy package -transposition guidance. URL: <https://www.clientearth.org/media/rrlaqpji/energy-communities-transposition-guidance.pdf>.
- [50] Dorian Frieden, Andreas Tuerk, Josh Roberts, Stanislas d’Herbemont, e Andrej Gubina. *Collective self-consumption and energy communities: Overview of emerging regulatory approaches in Europe*. Compile, 2019.
- [51] Júlio Duarte. Gestão de Repartição e Transação de Valor em Comunidades de Energia Renovável. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2021.
- [52] Inês FG Reis, Ivo Gonçalves, Marta AR Lopes, e Carlos Henggeler Antunes. Business models for energy communities: A review of key issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144:111013, 2021.
- [53] Recuperar Portugal. Plano de Recuperação e Resiliência português [online]. URL: <https://recuperarportugal.gov.pt/>.
- [54] Ministério do Ambiente. Fundo Ambiental [online]. URL: <https://www.fundoambiental.pt/apoios-prr/c13-eficiencia-energetica-em-edificios/c13-i01-02-03-apoio-a-concretizacao-de-comunidades-de-energia-renovavel-e-autoconsumo-coletivo.aspx>.
- [55] Presidência do Conselho de Ministros. Resolução do Conselho de Ministros nº 107/2019. *Diário da República*, 2019.

- [56] Presidência do Conselho de Ministros. Resolução do Conselho de Ministros nº 53/2020. *Diário da República*, 2020.
- [57] Aline Flor. O que é o PNEC? Porque é que é importante para a transição climática? | Perguntas e respostas | Público, 2023. URL: <https://www.publico.pt/2023/07/06/azul/noticia/pnec-importante-transicao-climatica-2055663>.
- [58] Ministério do Ambiente e da Ação Climática. Plano Nacional de Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030) - Revisão/Atualização. 2023.
- [59] Sofia Simões, Teresa Simões, Lúcia Quental, Juliana Barbosa, Paula Oliveira, Ana Picado, Justina Catarino, Carlos Rodrigues, Pedro Patinha, Paulo Pinto, João Cardoso, Pedro Azevedo, Sílvia Nave, José Sampaio, Jorge Carvalho, Susana Machado, Ana Pereira, Sofia Soares, Catarina Moniz, Ruben Dias, Daniel Oliveira, Filomena Boavida, M^a Carmo Figueira, Manuela Fonseca, Filipe Pinto, Patrícia Falé, M^a Leonor Sota, Ana Antunes, Ana Seixas, Teresa Leonardo, Carlos Albuquerque, José Manuel Rodrigues, e José Sousa Uva. Melhoria do mapeamento áreas menos sensíveis com base na informação do grupo de trabalho "Go-To Areas" Renováveis. 2023.
- [60] Mariana Cruz de Carvalho. Portugal à espera de um lugar ao sol. O Instalador, 2023. URL: <https://www.oinstalador.com/Artigos/467009-Portugal-a-espera-de-um-lugar-ao-sol.html>.
- [61] Direção Geral de Energia e Geologia. Ficha técnica: Estatísticas rápidas das renováveis, 2023.
- [62] Harriet Fox. Ready, Set, Go: Europe's race for wind and solar. EMBER, 2023. URL: <https://ember-climate.org/insights/research/europes-race-for-wind-and-solar/>.
- [63] Daniel Dias. Portugal ainda não chegou a uma mão-cheia de comunidades de energia renovável. Público, 2023. URL: <https://www.publico.pt/2023/02/05/azul/noticia/portugal-nao-chegou-maocheia-comunidades-energia-renovavel-2036970>.
- [64] European Energy Network. Energy Agencies and Renewable Energy Communities: A new path for energy decentralization. Comparative analysis of the current status of Renewable Energy Communities in EnR member countries and the role of EnR energy agencies in policy and implementation. 2022.
- [65] Direção Geral de Energia e Geologia. Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética. URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/relacoes-internacionais/politica-energetica/estrategia-nacional-de-longo-prazo-para-o-combate-a-pobreza-energetica/>.
- [66] Lisboa E-Nova e AdE Porto. Estudo sobre Pobreza Energética. URL: <https://pobrez.aenergetica.pt/>.
- [67] A. B. Azevedo, L. Németh, e L. Bálint. Winter deaths in Hungary and Portugal, 1980-2017. 2020.

- [68] João Ferrão e Ana Delicado. Portugal social em mudança - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2019. URL: <https://www.ics.ulisboa.pt/flipping/PortugalEmMudanca2019/files/assets/common/downloads/publication.pdf?uni=e0f82fe20fe69cdb903866818988e4d3>.
- [69] Miguel Macias Sequeira, João Pedro Gouveia, e Pedro Palma. Subtask 2: Case study analysis - Portugal. 2021. URL: <https://doi.org/10.47568/3XR115>, doi:10.47568/3XR115.
- [70] Ana Horta e Luísa Schmidt. Policy brief 2021: Energy poverty in Portugal. 2021. URL: <https://www.ics.ulisboa.pt/flipping/observa2021>.
- [71] Andreia Carreiro. O papel das comunidades de energia no combate à pobreza energética, 2022. URL: <https://www.dinheirovivo.pt/opiniao/o-papel-das-comunidades-de-energia-no-combate-a-pobreza-energetica-14897990.html>.
- [72] CENSE-FCT/Nova, Coopérnico, DECO, ICS-ULisboa, Lisboa E-Nova, S.Energia, ENA, ZERO, e RNAE. Consulta pública "Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050": Parecer conjunto. 2023. URL: https://coopernico.org/storage/files/1678129402_Consulta%20p%C3%BAblica%20Pobreza%20Energetica%202023_Conjunta.pdf.
- [73] European Energy Network. Energy Poverty mitigation in Europe Potential role for Renewable Energy Communities. 2023. URL: <https://enr-network.org/energy-poverty-mitigation-in-europe->.
- [74] Organização para as Nações Unidas. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável [online]. URL: <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>.
- [75] Rescoop. October success story: A growing citizen energy revolution in the Balkans - REScoop [online]. 2022. URL: <https://www.rescoop.eu/news-and-events/stories/october-success-story-a-growing-citizen-energy-revolution-in-the-balkans>.
- [76] Josh Roberts, Frances Bodman, e Robert Rybski. Community power: model legal frameworks for citizen-owned renewable energy. *Client Earth Energy*, 1:271–295, 2014.
- [77] R&D Test System. One of the first lifetime extension concepts for offshore wind turbines [online]. URL: <https://www.rd-as.com/insights/one-of-the-first-lifetime-extension-concepts-for-offshore-wind-turbines/>.
- [78] Climate Council. 11 countries leading the charge on renewable energy. URL: <https://www.climatecouncil.org.au/11-countries-leading-the-charge-on-renewable-energy/?fbclid=IwAR2EC0w40bbotSWLzLPeQVHw9EGAXa9gXJ80VNuc4WrjhSO40kMy6oXiGgY>.
- [79] CO-POWER. Community power: enabling legislation to increase community ownership for res projects across europe community energy in germany: existing models, public-private funding and good practice examples. 2014. URL: <https://www.rescoop.eu/uploads/rescoop/downloads/Community-energy-in-Germany-report-2014.pdf>.
- [80] EU Climate Policy. Community energy projects: Europe's pioneering task. URL: <https://climatepolicyinfohub.eu/node/93/pdf>.

- [81] SL NaturEnergie. Parque Eólico SL Recklinghausen [online]. URL: <https://www.sl-naturenergie.com/projekte/sl-windpark-recklinghausen/>.
- [82] Ana Rita Grilo Godinho. Desenvolvimento de plataforma para gestão de Comunidades de Energia Renovável. *Universidade Nova de Lisboa*, 2021.
- [83] AEC - Amelander Energie Coöperatie. Ameland Energie | Groene energie. URL: <http://www.amelandenergie.nl/files/info.htm>.
- [84] LegAmbiente Italia. Comunita-rinnovabili-2021, 2021.
- [85] REScoop. April success story: Empowering Communities through Renewable Energy: the journey of Villanovaforru and Ussaramanna. URL: <https://www.rescoop.eu/news-and-events/stories/april-success-story-empowering-communities-through-renewable-energy-the-journey-of-villanovaforru-and-ussaramanna-in-italy>.
- [86] ENERCOOP. Nossa história. URL: <https://www.enercoop.fr/notre-projet/notre-histoire>.
- [87] REScoop MECISE. Klimaatscholen2050 - Solar energy and energy savings in schools. URL: <https://www.rescoop-mecise.eu/renewable-energy-projects/fl-emish-rescoops-invest-in-solar-panels-on-schools-and-help-them-save-energy>.
- [88] REScoop. Belgium leads the way in citizen participation for offshore wind energy. URL: <https://www.rescoop.eu/news-and-events/press/belgian-government-wants-significant-citizen-participation-in-offshore-wind-energy>.
- [89] Luggagia Inovation Community. Approach and goals. URL: <https://lic.energy/the-project/>.
- [90] Google Earth. Comunidade de Energia Alta de Lisboa [online].
- [91] Agência Portuguesa do Ambiente. Fator de emissão da eletricidade em Portugal, 2022. URL: https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/2022FEGEEEletricidade.pdf.
- [92] Nuno Silva. Determinação de perfis para a microprodução. *FEUP*, 2010.
- [93] Rui Pimenta. Asprela + Sustentável: um "living lab" pela neutralidade carbónica. *Comunidades de Energia Renovável*, páginas 147–152, 2023. URL: <https://ebooks.uminho.pt/index.php/uminho/catalog/view/109/158/2295-1>.