



TOOLS4 AGRIENERGY



PRR
Plano de Recuperação
e Resiliência



REPÚBLICA
PORTUGUESA



Financiado pela
União Europeia
NextGenerationEU

1. Identificação das entidades e parceiros envolvidos

Entidade líder do projeto: Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC)

Responsável pelo projeto: José Villar

Site do projeto: <https://www.tools4agrienergy.com>

Parceiros:

- Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A. (EDIA)
- Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV)
- Federação Nacional de Regantes de Portugal (FENAREG)
- Centro de Competências para o Regadio Nacional (COTR)
- Risca Grande, Lda.
- Lia Orelha - Produção de Leite e Derivados, Unipessoal, Lda.
- Fortune Melody, Lda.
- Sociedade Agrícola do Monte Novo e Figueirinha, Lda.
- Ptachio - Sociedade Agrícola, Lda.
- Valor

2. Enquadramento do projeto

O Projeto Tools4AgriEnergy pretende ser uma resposta integrada à operacionalização e disseminação de Autoconsumos Coletivos (ACC) e Comunidades de Energia Renovável (CER) no setor agroalimentar. Tem dois objetivos distintos: o desenho de modelos de negócio e estruturas organizativas para uma solução integral escalável e replicável a diferentes fileiras e setores agrícolas, agropecuários e agroalimentares e, adicionalmente, o desenho e desenvolvimento de uma plataforma digital específica para a gestão de ACC/CER no setor agrícola, agropecuário e agroalimentar.

3. Problema ou oportunidade que o projeto pretende abordar

O atual contexto europeu de descarbonização do sistema energético coloca grandes desafios a diferentes atividades económicas. O setor agroalimentar apresenta-se como uma das prioridades sociopolíticas a nível europeu, nacional e regional, enfrentando o desafio de um desenvolvimento sustentável, ao qual se associa, inevitavelmente, a adoção de processos produtivos energeticamente autossuficientes, económica e ambientalmente sustentáveis, que contribuam para uma efetiva transição energética e descarbonização do setor. Os elevados preços da energia provocados pelas crises energéticas, a redução dos custos das tecnologias de geração renovável e o desenvolvimento progressivo do enquadramento legal do autoconsumo e das comunidades de energia renovável, fazem com que o desenvolvimento de comunidades energéticas sejam um elemento-chave na descarbonização e competitividade de países como Portugal. Numa perspetiva de abordagem multissetorial, a integração de fontes de energia renovável no âmbito agrícola, agropecuário e agroalimentar apresentam importantes vantagens: a redução dos custos energéticos, o fornecimento de energia a lugares remotos, evitando-se ou reduzindo-se os custos de investimento em linhas de distribuição para cobertura dessas áreas, e a alimentação de sistemas autónomos, tais como as bombas de água necessárias para a irrigação, sistemas de sinalização, comunicação, monitorização e controlo associados a práticas agrícolas (sistemas de rega, por exemplo).

Entre as tecnologias de geração renováveis, os painéis fotovoltaicos flutuantes apresentam benefícios diretos económicos e ambientais significativos, destacando-se a redução da fatura energética, a não ocupação de terrenos agrícolas úteis, a redução da evaporação da água dos reservatórios, o aumento da eficiência dos painéis pela redução da temperatura do reservatório, o que também tem um impacto positivo no ecossistema aquático e, quando os painéis são instalados nas albufeiras dos aproveitamentos hidroelétricos, o aproveitamento da capacidade de ligação à rede elétrica que as centrais hídricas só usam parcialmente. A Figura 1 exemplifica o tipo de tecnologia considerado no projeto.

TECNOLOGIA DE RECURSOS DO PROJETO PILOTO

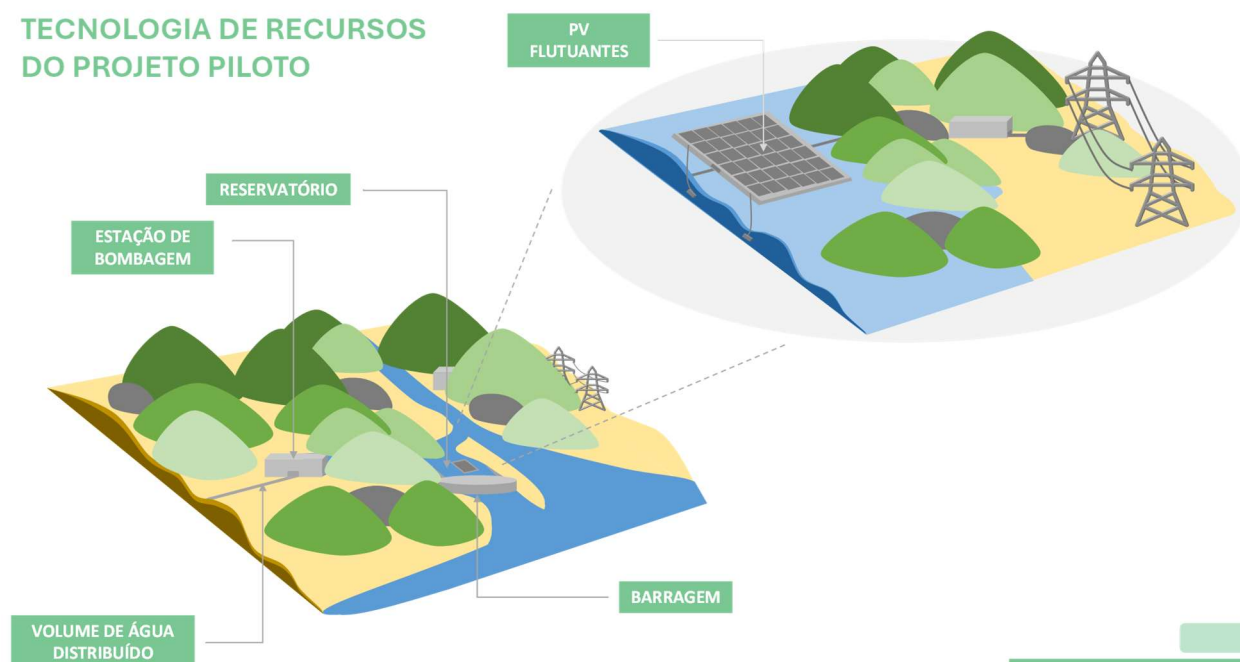


Figura 1 Conceito do projeto piloto

Com 58 albufeiras monitorizadas, 260 grandes barragens e um período médio de exposição solar anual de 2200 a 3000 horas, Portugal apresenta condições edafoclimáticas muito favoráveis à instalação de painéis fotovoltaicos flutuantes. A título exemplificativo, refira-se o investimento realizado pela EDP que, no momento de elaborar a proposta para este projeto, maio 2022, tinha finalizado a instalação de um parque solar flutuante com 12 mil painéis fotovoltaicos, com uma capacidade de produção anual de 7GWh, e uma bateria com 2MWh de capacidade e 1MW de potência.

4. Objetivos principais

Considerando o potencial de replicabilidade e de escalabilidade do cenário português para o desenvolvimento de comunidades energéticas, o projeto Tools4AgriEnergy surge com o desafio de desenhar modelos de negócio e plataformas digitais para a monitorização, operacionalização e gestão inteligente de Comunidades de Energia Renovável (CER)/Autoconsumo Coletivo (ACC), especificamente direcionadas para apoiar a transição agroenergética do setor agrícola, agropecuário e agroalimentar. O desenvolvimento deste conjunto de soluções tem como objetivo principal maximizar o autoconsumo local mediante o aproveitamento das sinergias multisetoriais, criadas entre potenciais membros deste tipo de comunidades energéticas. O desenvolvimento deste conjunto de ferramentas constitui um relevante aporte para a transição agroenergética que se impõe, contribuindo diretamente para um melhor balanço energético local. Por exemplo, a produção solar local para os sistemas de irrigação (tais como bombas de água) nos meses do ano mais secos e para as indústrias agrárias locais no resto do ano, tais como lagares de produção de azeite com consumos localizados no último trimestre do ano. Os resultados do projeto Tools4AgriEnergy ajudam a contribuir, mediante o desenvolvimento de novas comunidades de energia, a um incremento dos investimentos e da atividade económica, tão necessária nos ambientes rurais, fomentando-se, assim, a criação de novos empregos no setor agrícola, agropecuário e agroalimentar.

5. Sumário do plano de ação

No momento de definir os objetivos do projeto Tools4AgriEnergy, até o nosso conhecimento não existiam ainda soluções comerciais completas para a gestão de autoconsumos coletivos (ACC) e comunidades de energia renovável (CER). Não obstante, o INESC TEC já tinha uma trajetória recente bem consolidada neste âmbito, que se materializava num estudo e conhecimento aprofundado da regulação, no desenho de modelos de negócio e mecanismos de partilha de energia para ACC/CER, no desenho e desenvolvimento de sistemas de gestão de energia e de plataformas digitais interoperáveis, e na integração dos ACC/CER nas redes elétricas incluindo o fornecimento de flexibilidade. O objetivo era, portanto, aproveitar, melhorar e adaptar ao âmbito dos modelos de negócio do setor agroalimentar, as ferramentas de gestão de energia e de ACC/CER e de análise de

modelos de negócio que o INESC TEC já tinha iniciado em trabalhos anteriores. Assim, o projeto Tools4AgriEnergy visava dois objetivos distintos, mas que somados, constituíam uma resposta integrada à operacionalização e disseminação de Autoconsumos Coletivos (ACC) e Comunidades de Energia Renovável (CER) no setor agroalimentar. A saber:

1. Desenho de modelos de negócio e estruturas organizativas para uma solução integral escalável e replicável a diferentes fileiras e setores agrícolas, agropecuários e agroalimentares. Enquanto fator diferenciador, o desenho de modelos de negócio replicáveis a diferentes estruturas organizativas, servirão de apoio à elaboração de propostas de melhoria à atual regulamentação do autoconsumo, contribuindo, simultaneamente, para democratizar o seu enquadramento legal a outros contextos setoriais, particularmente associados ao setor agrícola, agropecuário e agroalimentar. Por exemplo, instalações próximas podem superar facilmente os limites geográficos máximos estabelecidos pelo diploma legal, muito direcionado para o contexto urbano.
2. Desenho e desenvolvimento de uma plataforma digital específica para a gestão de ACC/CER no setor agrícola, agropecuário e agroalimentar.

6. Resultados alcançados e ponto de situação final

6.1. Sobre a plataforma para a gestão de comunidades de energia

O projeto tem impulsionado a evolução da primeira versão da plataforma de gestão de comunidades de energia do INESC TEC, a plataforma RECreation, cujos primeiros desenvolvimentos tiveram início num projeto anterior (projeto Digital CER). A partir de uma versão bastante básica, com funcionalidades e escalabilidade limitadas, a plataforma tem vindo a transformar-se num sistema mais profissional, integrando funcionalidades de operação e simulação, bem como a integração de um novo módulo de planeamento para o dimensionamento de recursos. Destaca-se o desenvolvimento de um módulo de transações redesenhado, que permite a partilha dinâmica da energia e minimiza tanto o número de transações quanto os encargos associados às tarifas de acesso pela energia autoconsumida. Foi também concebido e programado um novo módulo de *settlement* de alta eficiência computacional, capaz de realizar a liquidação financeira da energia partilhada, incluindo os casos em que a comunidade fornece flexibilidade a terceiros, como por exemplo o operador da rede de distribuição. A Figura 2 mostra um dos ecrãs da RECreation.

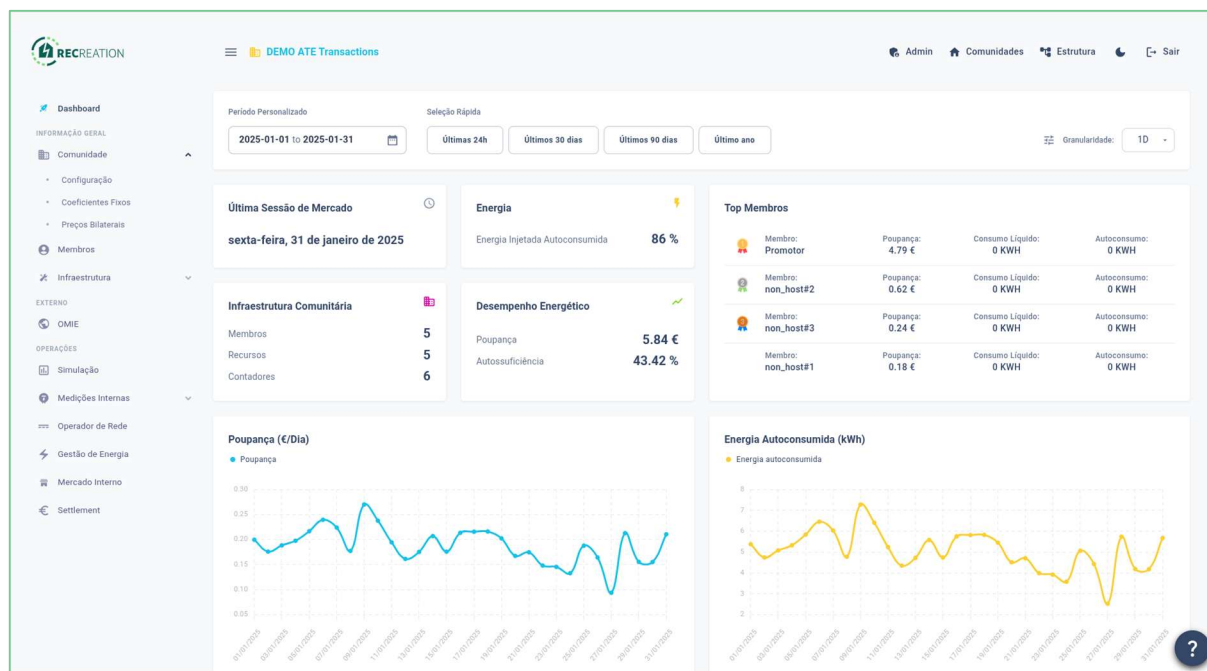


Figura 2 Dashboard da plataforma digital RECreation

Esta evolução da plataforma de gestão tem permitido ao INESC TEC estabelecer contactos com diversas entidades interessadas na eventual utilização e licenciamento da plataforma em diferentes contextos. Há várias negociações com potenciais utilizadores como a Ecoinside e a Sunenergy, que desenvolvem projetos de instalações solares em municípios que querem aproveitar localmente os recursos solares em comunidades de energia renovável. Também comercializadores de energia como a Galp e a EDP têm demonstrado interesse na RECreation como ferramenta para o modelo de promotor/proprietário de UPAC solares, com vista à comercialização local da energia gerada.

O nível de maturidade alcançado pela RECreation tem permitido ao INESC TEC integrar propostas de projetos do Horizon Europe, centrados na integração de ambientes de agricultura controlada (CEA – *Controlled Environment Agriculture*), uma delas aceite e cujo projeto associado (FIT4CEA) vai começar neste mesmo ano. Estes ambientes, caracterizados por grandes consumos energéticos, beneficiariam da geração local de energia e poderiam disponibilizar flexibilidade para a comunidade ou para operadores de rede. Neste contexto, o INESC TEC está igualmente em conversações com entidades agrícolas de referência, como a Quinta da Cholda, para o desenvolvimento de pilotos em projetos europeus e como potencial utilizadora da plataforma para a gestão das suas comunidades de energia.

Com relação aos modelos de negócio podem salientar-se dois conjuntos de conclusões. Um primeiro conjunto relacionado com uma análise aprofundada da literatura, e um segundo conjunto focado na análise de configurações específicas de comunidades de energia no âmbito dos parceiros do projeto. Ambos foram fundamentados por uma extensa revisão da literatura de modelos de negócio no setor agroalimentar, catalogada com mais de 50 referências (informações em <https://www.tools4agrienergy.com/cases>), incluindo observações e imagens dos mecanismos de financiamento e uma identificação das dimensões principais destes modelos de negócio, como mostra Figura 3.

[illegible]

Esses modelos de negócio foram também apoiados por estudos que tiveram como objetivo avaliar complementaridades e encontrar oportunidades para partilha de autoconsumo coletivo e minimização do consumo de energia, a partir de dados de perfis energéticos de alguns parceiros do projeto, conforme ilustrado pela Figura 4.

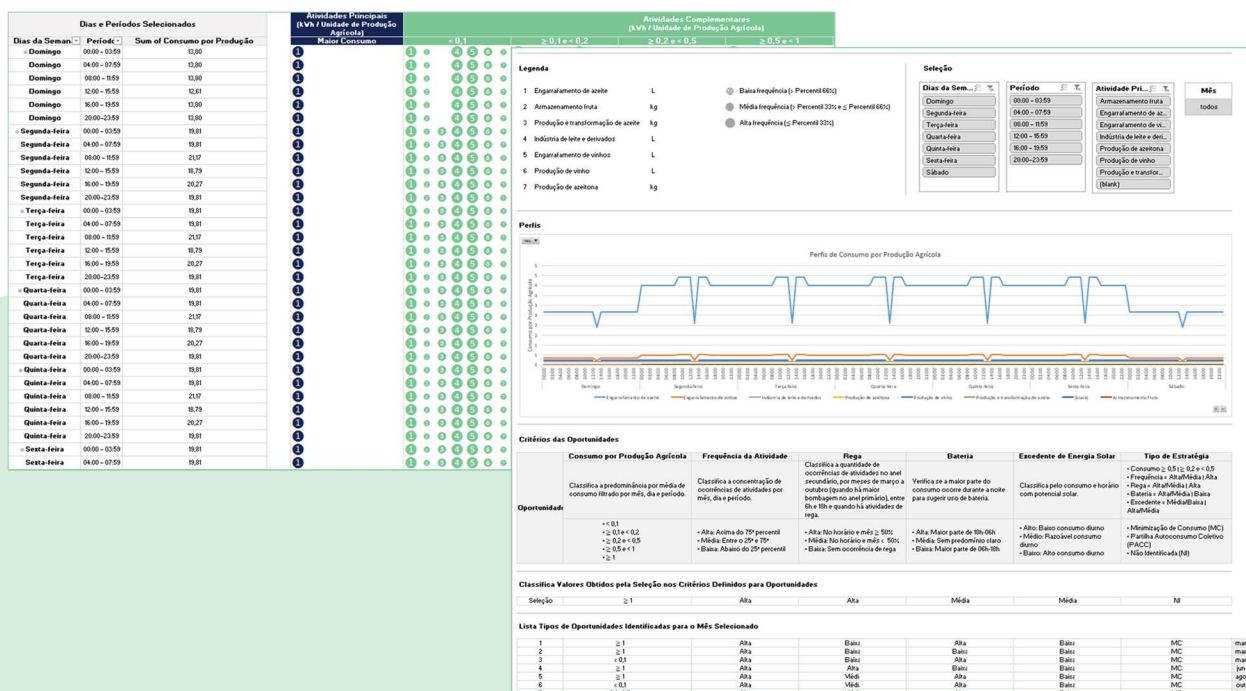


Figura 4 Estudos de complementaridades

A partir desses estudos foram identificados padrões gerais de comportamento de consumo energético de suas atividades agrícolas, conforme mostram as Tabela 1 e Tabela 2 (mais informações no artigo <https://doi.org/10.1109/EEM64765.2025.11050230>).

Tabela 1 Padrão geral do comportamento energético por estação do ano - parte 1

Aspeto	Descrição
Fases críticas para as complementaridades energéticas	Redução da demanda elétrica proveniente de sistemas de bombagem. Elevada geração de energia fotovoltaica. Aumento do consumo energético das empresas locais.
Janela de complementaridades energéticas	PV surplus exceeds pumping system's needs. Increased local business demand after the irrigation period.
Abordagem para definir maiores complementaridades energéticas	Menor erro absoluto entre a geração e o consumo de energia. Menor correlação entre a geração e o consumo.

Tabela 2 Padrão geral do comportamento energético por estação do ano – parte 2

Estação seca	Estação chuvosa	Comportamento
▲	▼	Geração a partir de painéis fotovoltaicos
▲	▼	Consumo por sistemas de bombagem
▼	▲	Intensidade da atividade agrícola

Com relação ao primeiro conjunto de conclusões, foram analisados e descritos nos relatórios do projeto modelos de negócio inovadores para o setor agroalimentar, com o objetivo de melhorar a eficiência, sustentabilidade e resiliência energética nas explorações agrícolas. Entre os modelos analisados, destacam-se:

- Partilha de painéis fotovoltaicos entre vários membros da comunidade, com um sistema de mercado local para transações internas e gestão partilhada da energia excedente.
- Valorização por não emissão de GEE, em que empresas investem em PV em terrenos agrícolas e utilizam os créditos de carbono como fonte de receita.
- Utilização de recursos flexíveis, como baterias, veículos elétricos e gestão de carga, promovendo a participação em mercados de flexibilidade.
- Modelos multi-energia, que integram bioenergia (biogás, CHP, bioGLP), permitindo usos múltiplos do biogás (eletricidade, calor ou combustível).
- Agricultura vertical e comunidades agrícolas inteligentes, promovendo sinergias entre tecnologias agrícolas e energéticas.
- Troca de recursos com blockchain e tarifas de água flexibilizadas, demonstrando como a digitalização e a regulação adaptativa podem fomentar novos modelos de negócio inovadores e sustentáveis.

A Figura 5 sintetiza as tecnologias e mecanismos definidos nos modelos de negócio.

CARACTERÍSTICAS DE MODELOS DE NEGÓCIO				
GERAÇÃO RENOVÁVEL	CRÉDITOS DE CARBONO	GESTÃO DA FLEXIBILIDADE	MULTI ENERGIA	SAAS E IA
PV FLUTUANTE	ARRENDAMENTO DE TERRAS P/ CRÉDITOS DE CARBONO	BOMBAGEM DE ÁGUA	BIOMASSA	INTERNET DAS COISAS
PV FOTOSELETIVO	INSTALAÇÃO DE PV	BATERIAS	COGERAÇÃO COMBINADA DE CALOR E ENERGIA	PLATAFORMAS DIGITAIS
PV	REFLORESTAÇÃO	TARIFAS DE ÁGUA E GESTÃO HÍDRICA	BIOGAS	SENSORES
ENERGIA SOLAR TÉRMICA		VEÍCULOS ELÉTRICO	ENERGIA TÉRMICA	CONTRATOS INTELIGENTES
MINI-HIDRELÉTRICA		REDISTRIBUIÇÃO DE CARGA	BIOGLP	BLOCKCHAIN
TURBINE EÓLICA			ECONOMIA CIRCULAR	

Figura 5 Características de modelos de negócio

Em resumo, foi identificado um catálogo diversificado de modelos aplicáveis a diferentes realidades do setor agrícola, com ênfase na propriedade, financiamento, operação e distribuição dos sistemas

energéticos, com vista à criação de comunidades mais autónomas, digitalizadas e sustentáveis (mais informações no artigo <https://doi.org/10.1109/EEM60825.2024.10608982>).

Com relação ao segundo conjunto de conclusões sobre modelos de negócio, se analisaram, mediante simulações realizadas com a plataforma RECreation, diferentes configurações de comunidades de energia renovável (CER), considerando mecanismos de partilha, tarifas, preços de energia e custos de oportunidade. Os resultados permitiram verificar que mecanismos com coeficientes proporcionais e preços intermediários proporcionam boa poupança e equidade entre os membros. Estratégias como correções graduais nos coeficientes ou tarifas diferenciadas podem melhorar a justiça e adesão dos participantes. A simulação do dimensionamento de novos recursos como PV e baterias mostra viabilidade de novos investimentos e reforça o papel da EDIA como agente facilitador. Estas análises indicam que os modelos testados são robustos e replicáveis, com potencial para apoiar decisões estratégicas e operacionais futuras.

6.2.1. Características das Simulações da Comunidade de Energia Renovável no Setor Agroalimentar

Através da plataforma digital RECreation, foi possível analisar diferentes configurações de comunidades energéticas e avaliar o seu desempenho técnico e económico. A Figura 6 mostra a estrutura da CER utilizada nas simulações.

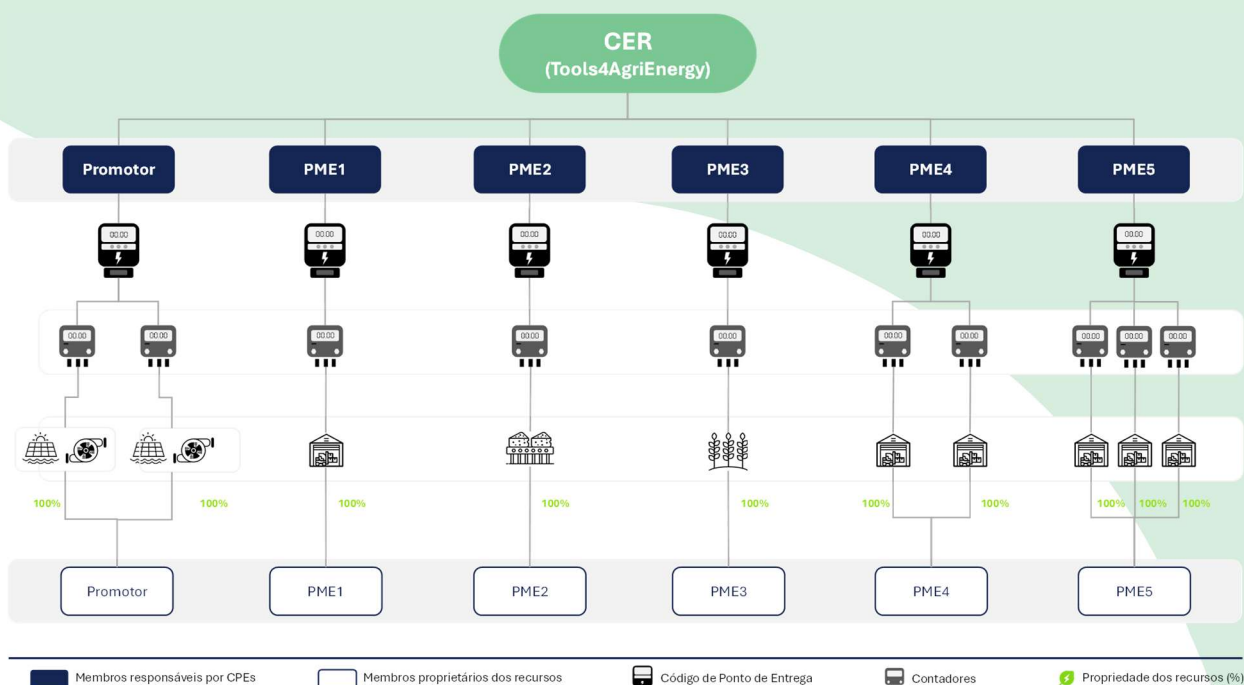


Figura 6 Estrutura da CER simulada

Onde as principais atividades econômicas dos membros são:

- Promotor – Bombagem de água;
- PME1 – Produção de vinhos;
- PME2 – Produção de leite e derivados;
- PME3 – Produção de pistaches;
- PME4 – Produção de azeite;
- PME5 – Viticultura.

A Tabela 3 resume os casos testados nas simulações das comunidades de energia renovável.

Tabela 3 Definição de casos de uso

# ID	Coefficientes de alocação	Mecanismos de Preço local	Custos de oportunidade de energia	Ciclo tarifário	Feridos	Preço de compra K1	Preço de venda K6	Preço fixo do mercado interno (€/kW)
1RP	Proporcionais	Intermediate market	Promotor	D	N	–	–	–
2RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME3 e PME4)	D	N	0.007	0.000	–
3RP	Proporcionais	Intermediate market	Promotor	TW	Y	–	–	–
4RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME3 e PME4)	TW	Y	0.007	0.000	–
5RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME4)	D	N	0.007	0.000	–
6RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME3)	D	N	0.007	0.000	–
7RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME4)	TW	Y	0.007	0.000	–
8RP	Proporcionais	Intermediate market	OMIE (PME3)	TW	Y	0.007	0.000	–
1RF1	Fixos	Preço fixo	Promotor	D	N	–	–	0.0400
1RF2	Fixos	Preço fixo	Promotor	D	N	–	–	0.0300
1RF3	Fixos	Preço fixo	Promotor	D	N	–	–	0.0050
1RF4	Fixos	Preço fixo	Promotor	D	N	–	–	0.0010
1RF5	Fixos	Preço fixo	Promotor	D	N	–	–	0.0001

Promotor: Custos de oportunidade fornecidos pelo Promotor

OMIE: Preços indexados ao OMIE

D: Diário

TW: Tetra-semanal

A Tabela 4 apresenta as características dos medidores associados a cada ponto de entrega, identificados pelo Código do Ponto de Entrega (CPE).

Tabela 4 Características dos CPEs

Membro	Contador	Uso da rede pública	Potência instalada (kVA)	Potência contratada (kVA)	Nível de tensão
Promotor	CE	sim	3,450.00	1,050.00	MT
Promotor	LE	sim	7,400.00	2,033.00	MT
PME1	DQ	sim	20.70	20.70	BT
PME2	BS	sim	20.70	20.70	BT
PME3	CX	sim	50.00	93.00	MT
PME4	RJ	sim	82.80	43.00	BT
PME4	LZ	sim	250.00	116.25	MT
PME5	FE	sim	250.00	116.00	MT
PME5	AD	sim	160.00	63.00	BT
PME5	VM	sim	630.00	359.00	MT

6.2.2. Demonstração de ganhos económicos e eficiência energética

Os resultados obtidos confirmam que a implementação de modelos de autoconsumo coletivo pode gerar benefícios económicos relevantes para os participantes. Os resultados das poupanças

individuais de cada membro, expressos em percentagem, são apresentados na Tabela 5. Em média, considerando todos os membros, as simulações apontam para poupança individual entre 10% e 13%, dependendo da configuração adotada.

Tabela 5 Poupanças calculadas nas simulações

#Simulação	Promotor (%)	PME5 (%)	PME4 (%)	PME3 (%)	PME2 (%)	PME1 (%)	Média (%)	Desvio padrão (%)
1RP	6.59	3.95	17.31	13.24	10.16	9.09	10.06	4.34
2RP	6.49	3.84	17.09	19.27	11.24	10.04	11.33	5.44
3RP	7.38	6.86	17.65	13.27	10.32	9.11	10.77	3.73
4RP	7.21	6.72	20.62	15.87	11.97	10.35	12.12	4.88
5RP	6.49	3.84	17.09	14.95	11.24	10.04	10.61	4.56
6RP	6.49	3.84	17.22	19.27	11.23	10.04	11.35	5.46
7RP	7.21	6.72	20.63	15.61	11.99	10.36	12.09	4.85
8RP	7.21	6.72	17.65	15.87	11.97	10.34	11.63	4.07
1RF1	6.33	4.01	17.77	11.82	11.20	8.73	9.98	4.40
1RF2	5.97	4.55	18.85	13.49	12.35	9.44	10.78	4.81
1RF3	5.07	5.91	21.55	17.67	15.23	11.21	12.77	6.00
1RF4	4.92	6.12	21.98	18.34	15.69	11.49	13.09	6.20
1RF5	4.89	6.17	22.07	18.49	15.79	11.56	13.16	6.25

A Tabela 6 estabelece uma classificação dos valores mais elevados de poupanças totais da CER, poupanças do Promotor e desvio padrão das poupanças dos membros, de acordo com cada simulação, onde poupanças mais elevadas rebem maior destaque, enquanto valores mais baixos de desvio padrão indicam maior equidade.

Tabela 6 Ranking de resultados das simulações

#ID	Poupanças da CER			Poupanças da Promotor			Desvio padrão da poupança dos membros
	Ranking	(€)	(%)	Ranking	(€)	(%)	Ranking
1RP	8	861.27	6.85	5	559.94	6.59	3
2RP	5	901.66	7.07	7	551.36	6.49	9
3RP	4	976.63	8.04	1	625.56	7.38	1
4RP	1	1022.15	8.32	3	611.24	7.21	8
5RP	6	884.01	6.96	8	551.36	6.49	5
6RP	7	878.92	6.96	6	551.41	6.49	10
7RP	2	1015.52	8.29	4	611.02	7.21	7
8RP	3	983.27	8.07	2	611.30	7.21	2
1RF1	11	845.31	6.73	9	538.05	6.33	4
1RF2	12	845.31	6.73	10	507.37	5.97	6
1RF3	13	845.31	6.73	11	430.68	5.07	11
1RF4	10	845.31	6.73	12	418.41	4.92	12
1RF5	9	845.31	6.73	13	415.64	4.89	13

Destaca-se a simulação de referência, 4RP, que alcançou:

- Poupança total da comunidade: 1.022,15 €;
- Redução do custo energético: cerca de 9%;
- Diminuição do custo total líquido: 8,32%.

Adicionalmente, verificou-se uma redução significativa do consumo energético líquido (41,78%), demonstrando o impacto positivo da integração de produção renovável e partilha de energia entre membros.

6.2.3. Modelos de partilha e a influência na distribuição dos benefícios

O estudo evidenciou que a forma como a energia é distribuída entre os membros da comunidade tem um impacto direto na criação de valor, conforme mostra a Figura 7:

- Coeficientes proporcionais podem maximizar as poupanças globais, mas tendem a concentrar os benefícios nos maiores consumidores;
- Coeficientes fixos podem promover maior equidade na distribuição, embora com menor potencial económico global.

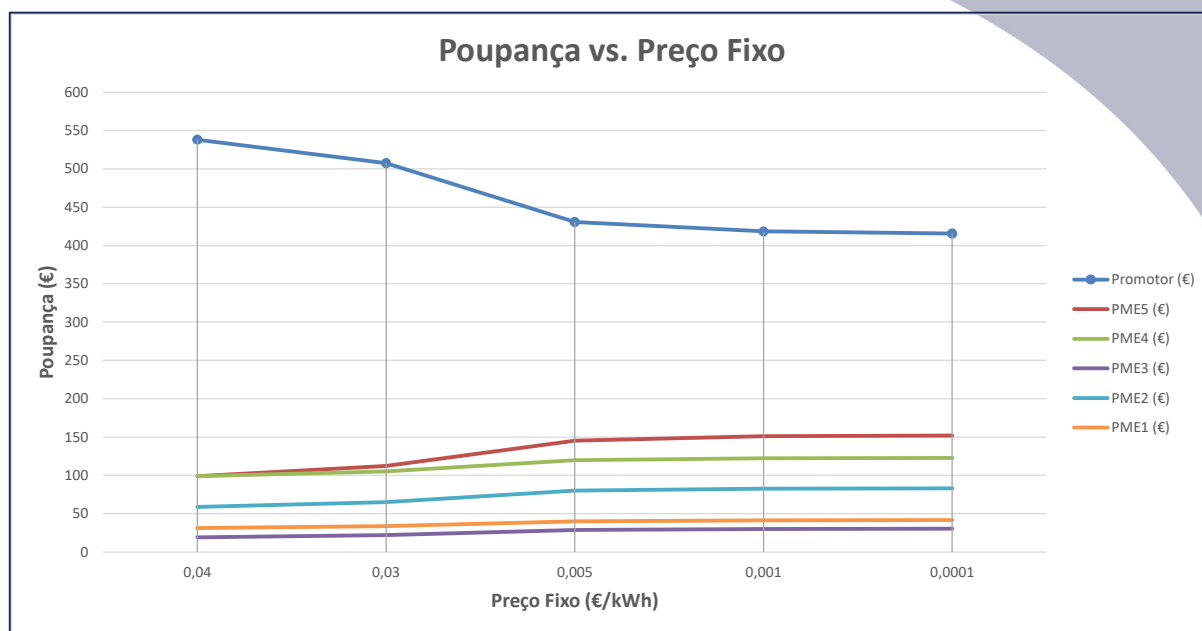


Figura 7 Poupança vs. Preço fixo

Esta análise reforça a importância de modelos híbridos ou mecanismos de correção que permitam equilibrar eficiência económica e justiça na repartição dos benefícios.

6.2.4. Tarifários e indexação ao mercado aumentam o desempenho

Outro resultado relevante prende-se com a estrutura tarifária. A adoção de ciclos tarifários tetra-semanais com consideração de feriados, bem como a indexação de preços ao mercado (OMIE), revelou-se relevante para aumentar as poupanças da comunidade.

Esta abordagem permitiria um melhor alinhamento entre:

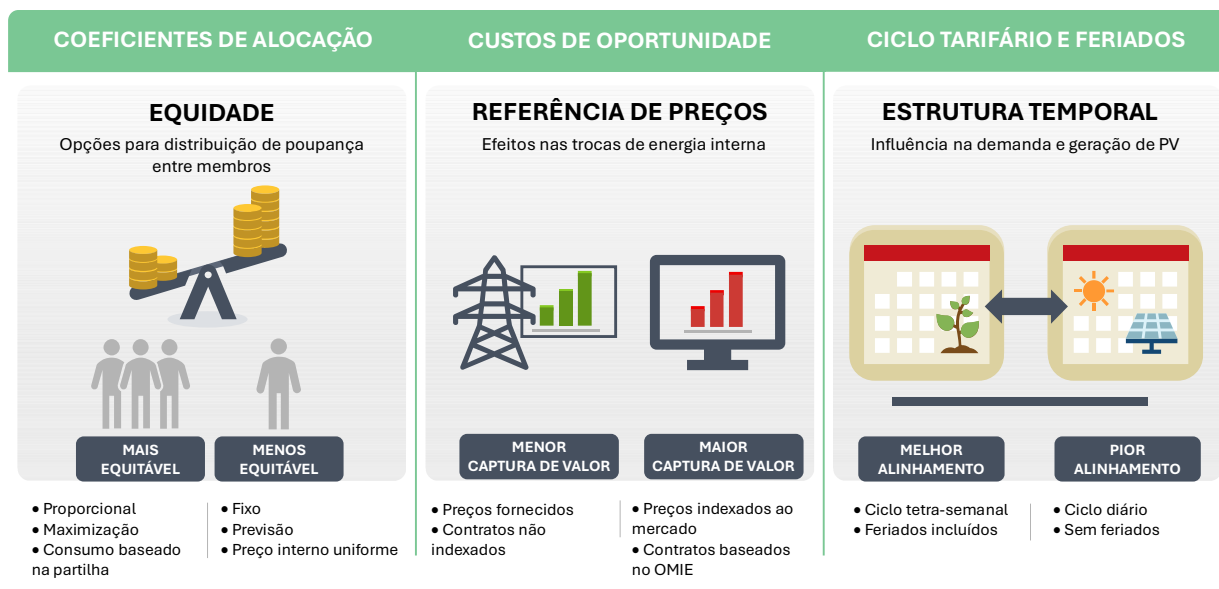
- Períodos de consumo (associados à atividade agrícola);
- Produção de energia fotovoltaica;
- Contributo para políticas públicas e inovação no mundo rural.

O projeto demonstra o papel das CER como instrumentos estratégicos para:

- Redução de custos energéticos nas explorações agrícolas;
- Promoção da sustentabilidade e descarbonização;
- Reforço da resiliência económica dos territórios rurais.

6.2.5. Resultados gerais

As Figura 8 e Figura 9 resumem os resultados gerais quanto à equidade, preços e estrutura temporal.



Essas análises comparativas destacam alguns dos fatores que impulsionam a criação de valor na REC

Figura 8 Análises comparativas - parte 1

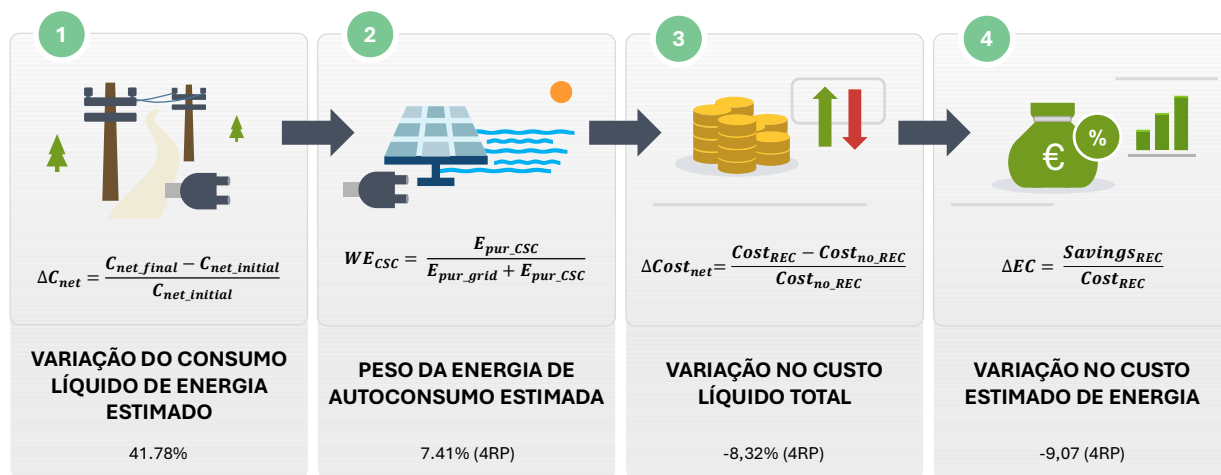
COEFICIENTES DE ALOCAÇÃO	CUSTOS DE OPORTUNIDADE	CICLO TARIFÁRIO E FERIADOS																						
• Todos os casos exibem uma média de poupança da CER entre 10% E 13% • Coeficientes proporcionais podem aumentar as poupanças totais da CER • Coeficientes fixos podem aumentar a equidade, mas reduzir o valor total da poupança	Poupanças do OMIE (Risca Grande + Ptachio) ▲ Maior poupança da CER Poupanças do OMIE (somente para Ptachio) ▼ Menor poupança da CER	▲ Ciclos tarifários tetra-semanais com feriados aumentam a economia geral, ao alinhar melhor os preços de compra com os padrões de consumo (atividades agrícolas) e a geração de energia fotovoltaica ▼ Ciclos tarifários diários oferecem um alinhamento temporal menos preciso, resultando em menor potencial de economia																						
Desvio padrão das poupanças <table><tr><td>More equitável:</td><td>Menos equitável:</td></tr><tr><td>• 3RP: 3.73%</td><td>• 3RF: 6.00%</td></tr><tr><td>• 8RP: 4.07%</td><td>• 4RF: 6.20%</td></tr><tr><td>• 1RP: 4.34%</td><td>• 5RF: 6.25%</td></tr></table>	More equitável:	Menos equitável:	• 3RP: 3.73%	• 3RF: 6.00%	• 8RP: 4.07%	• 4RF: 6.20%	• 1RP: 4.34%	• 5RF: 6.25%	Poupanças do OMIE (Risca Grande + Ptachio) <table><tr><td>Mais valor capturado:</td><td>Mais valor capturado:</td></tr><tr><td>• CER</td><td>• CER</td></tr><tr><td>• Daily</td><td>• Tetra-weekly</td></tr><tr><td>• 1RP → 2RP: 4.69%</td><td>• 3RP → 4RP: 4.66%</td></tr></table> Obs.: Percentagens calculadas comparando cenários não indexados (1RP, 3RP) com cenários indexados ao OMIE (2RP, 4RP)	Mais valor capturado:	Mais valor capturado:	• CER	• CER	• Daily	• Tetra-weekly	• 1RP → 2RP: 4.69%	• 3RP → 4RP: 4.66%	Alinhamento temporal (tetra semanal + feriados) <table><tr><td>Melhor alinhamento:</td><td>Melhor alinhamento:</td></tr><tr><td>• CER</td><td>• EDIA</td></tr><tr><td>• 1RP → 3RP: 13.39%</td><td>• 1RP → 3RP: 11.71%</td></tr></table> Obs.: Percentagens calculadas com base em ciclo diário (1RP) a tetra semanal (3RP)	Melhor alinhamento:	Melhor alinhamento:	• CER	• EDIA	• 1RP → 3RP: 13.39%	• 1RP → 3RP: 11.71%
More equitável:	Menos equitável:																							
• 3RP: 3.73%	• 3RF: 6.00%																							
• 8RP: 4.07%	• 4RF: 6.20%																							
• 1RP: 4.34%	• 5RF: 6.25%																							
Mais valor capturado:	Mais valor capturado:																							
• CER	• CER																							
• Daily	• Tetra-weekly																							
• 1RP → 2RP: 4.69%	• 3RP → 4RP: 4.66%																							
Melhor alinhamento:	Melhor alinhamento:																							
• CER	• EDIA																							
• 1RP → 3RP: 13.39%	• 1RP → 3RP: 11.71%																							

Essas análises comparativas destacam alguns dos fatores que impulsionam a criação de valor na CER

Figura 9 Análises comparativas - parte 2

A Figura 10 resume os resultados para alguns dos indicadores do projeto, tomando como referência a simulação 4RP.

São apresentados os resultados da simulação 4RP, selecionada como simulação de referência



Os resultados da simulação relacionam valores quantitativos e indicadores

Figura 10 Análises gerais

Os resultados obtidos constituem um importante apoio à decisão para políticas públicas e investimentos futuros, enquadrados em iniciativas como o PRR e a Agenda Terra Futura.

Com base nas conclusões, foi proposto um modelo piloto que combinaria:

- Coeficientes proporcionais;
- Indexação de preços ao mercado;
- Tarifários ajustados aos perfis de consumo.

Este modelo procura maximizar os benefícios globais, tentando garantir simultaneamente uma distribuição equilibrada entre os membros.

6.3. Sobre a temperatura energética do setor agroalimentar

No âmbito do projeto Tools4AgriEnergy, foi desenvolvido um estudo nacional para avaliar a “temperatura energética” do setor agrícola, analisando o nível de preparação, interesse e desafios associados à adoção de soluções como o autoconsumo coletivo e as CER. O trabalho, promovido pelo INESC TEC em parceria com entidades do setor, envolveu agricultores e entidades gestoras, permitindo recolher dados sobre consumo energético, investimento em renováveis e predisposição para modelos colaborativos. Foram desenvolvidos inquéritos no setor onde se questionou sobre aspetos energéticos quer a empresas agricultoras quer a entidades gestoras do setor. A Figura 11 mostra o esquema da metodologia adotada.

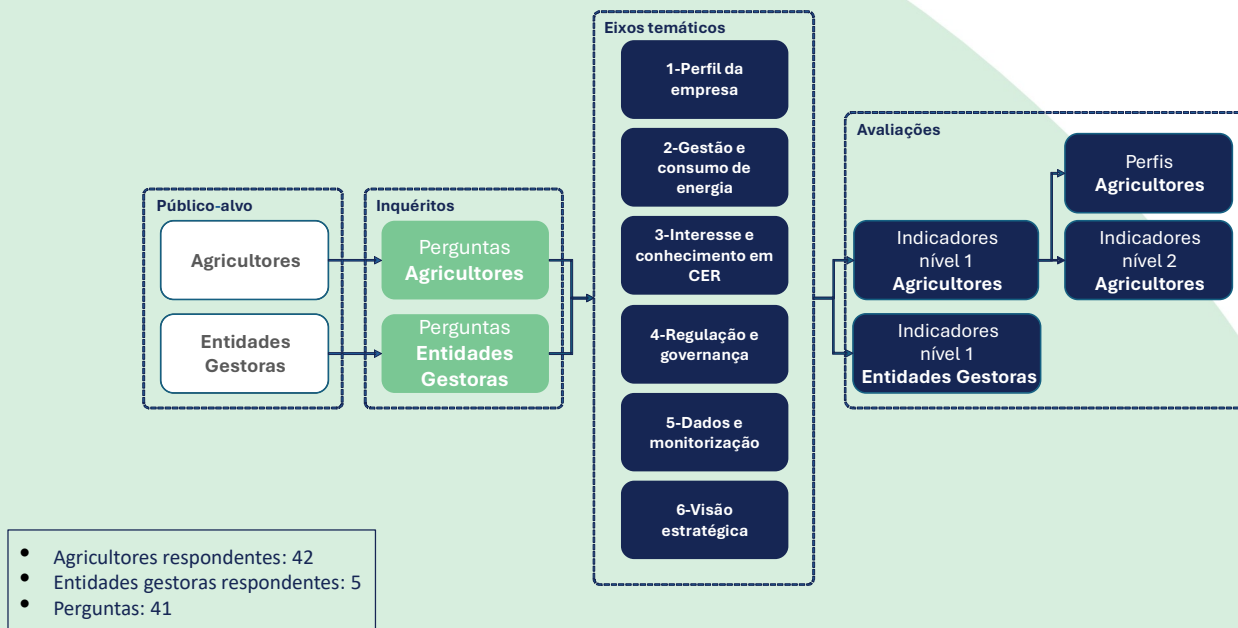


Figura 11 Metodologia da análise dos inquéritos

A Figura 12 mostra as zonas onde se localizavam os agricultores respondentes.

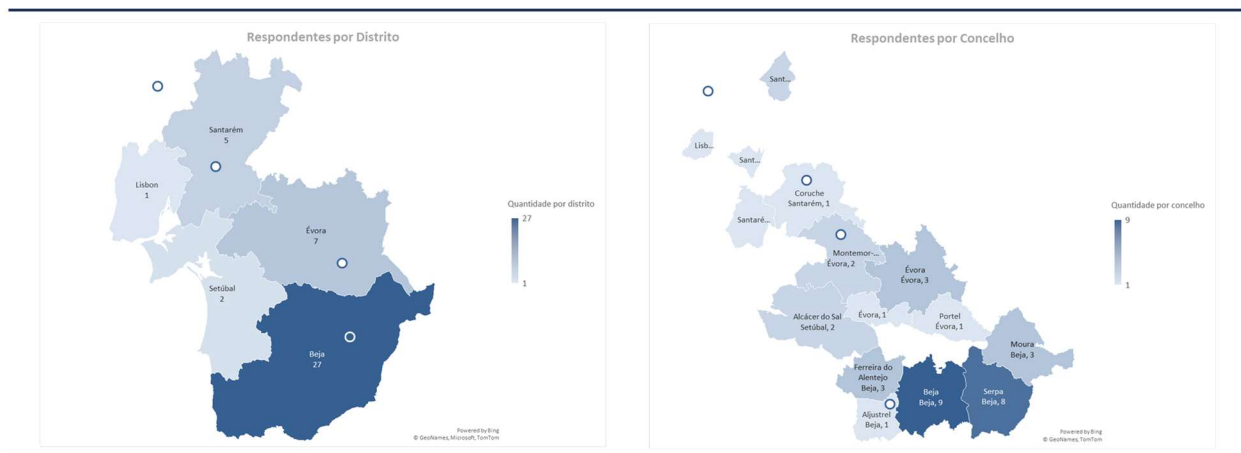


Figura 12 Agricultores respondentes por zona

O estudo mostra a um setor com elevada dependência energética (regadio), sensibilização crescente para a eficiência e forte interesse em integrar CER. Cerca de 80% dos agricultores mostraram interesse em investir em produção renovável e 86% manifestaram disponibilidade para tal. As principais conclusões entre os agricultores:

- 80% demonstram interesse em investir em energia renovável;
- 86% possuem espaço disponível para instalação de geração renovável;
- 67% já realizam gestão do consumo energético;
- 83% já investiram em eficiência energética.

Apesar destes indicadores positivos, apenas:

- 45% manifestam interesse direto em integrar uma CER;
- Mais de 40% desconhecem o conceito de autoconsumo coletivo.

Além disso, foi verificado que as entidades gestoras operam maioritariamente em média tensão e estão bem posicionadas para assumir um papel facilitador nas CER, dado o seu conhecimento técnico e experiência.

Os agricultores demonstram alguma maturidade organizacional e abertura à adoção de novas soluções energéticas, embora ainda com desconhecimento significativo sobre o funcionamento do autoconsumo coletivo. Os indicadores construídos no estudo revelam:

- Índice de maturidade energética: 70%;

- Potencial de participação em CER: 60%;
- Potencial para autoconsumo coletivo: 72%.

No entanto, apenas uma pequena percentagem está preparada para avançar para fases piloto, o que demonstra a existência de um “gap” entre interesse e implementação prática.

Identificam-se como barreiras principais a burocracia, complexidade e falta de informação. As entidades gestoras revelam maior familiaridade com o conceito de CER, mostrando predisposição para integrar e apoiar iniciativas, motivadas sobretudo por autonomia energética e redução de custos. O estudo identifica como principais obstáculos à participação em CER:

- Falta de informação e conhecimento sobre o modelo;
- Complexidade e burocracia associadas;
- Elevado investimento inicial.

Estas barreiras concentram mais de 60% das preocupações expressas pelos agricultores, evidenciando a necessidade de reforçar ações de capacitação e simplificação administrativa. As entidades gestoras apresentam um nível de envolvimento mais consolidado:

- Forte interesse em participar ou promover CER;
- Disponibilidade total para partilha de energia excedente;
- Reconhecimento da redução de custos como principal benefício.

Ainda assim, também identificam necessidades de:

- Maior clareza regulatória;
- Apoio técnico;
- Enquadramento financeiro adequado.

Tanto agricultores como entidades gestoras valorizam fortemente ações de formação. Nesse ponto houve também uma iniciativa direta no âmbito do projeto Tools4AgriEnergy, através de uma série de 5 *webinars* formativos para contribuir para melhorar a literacia energética no setor agrícola, conforme a agenda na Figura 13 (informações em <https://www.tools4agrienergy.com/webinars>).

CICLO DE WEBINARS

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA

#1

Agri-PV, Robótica e IoT na Agricultura - 16/10/2024

- **Conceitos Básicos** de Eletricidade e Arquitetura de um Sistema Fotovoltaico (Tatiana Guedes-INESCTEC)
- **Sistemas Fotovoltaicos** para Agricultura (José Orey-Engie Portugal)
- **Robótica** na Agricultura (André Aguiar-INESCTEC)

#2

Novos Modelos de Negócio e Comunidades de Energia - 15/01/2025

- **Novos Modelos de Negócio** para Agricultura/Energia (António Sérgio Faria-INESCTEC)
- **Comunidades de Energia** na Agricultura (José Villar-INESCTEC)

#3

Mercado Voluntário de Carbono e Descarbonização na Agricultura - 19/03/2025

- **Introdução a Créditos de Carbono** em Portugal (Catarina Pinto Correia-Vieira de Almeida)
- **Descarbonização** do Setor Agrícola (Tiago Domingos-Instituto Superior Técnico Lisboa e Terra)

#4

Eficiência Energética e Economia Circular na Agricultura - 20/05/2025

- **Medidas de Eficiência Energética** na Agricultura (Gonçalo Tristão-COTR/FENAREG)
- **Economia Circular** na Agricultura (Reinaldo Gomes-INESCTEC)

#5

FruitPV e Tools4AgriEnergy e Transição Agroenergética - Visão do PEPAC 16/07/2025

- **Adaptação** das Culturas às **Condições Edafoclimáticas** (Miguel Leão-INIAV)
- **Escalabilidade** de Modelos **Agri-PV** (André Sequeira-AKUO Renováveis)
- **Transição Agroenergética e Digitalização** – Visão do PEPAC (Ana Serejo-PEPAC)

Figura 13 Agenda dos webinars realizados

Outro ponto importante valorizado tanto pelos agricultores como entidades gestoras é a necessidade de simulações de custos e informação clara sobre regras e legislação.

A gestão das CER é preferencialmente vista como uma responsabilidade partilhada entre membros e associações.

Na vertente tecnológica, observa-se uma adoção ainda limitada de sistemas de monitorização e automatização entre agricultores, enquanto as entidades gestoras apresentam práticas mais estruturadas, embora com margem para reforço.

Por fim, a energia renovável é unanimemente considerada estratégica para o futuro do setor. A Figura 14 sintetiza a leitura dos resultados dos inquéritos. A comunicação eficaz e acessível surge como fator crítico para aumentar a adesão às CER, devendo ser complementada com medidas de apoio técnico, financeiro e regulatório. A existência de casos já avançados no setor oferece oportunidades para servir como modelos de referência na transição energética. Os resultados reforçam a importância de medidas de apoio e contributo para políticas públicas, como, por exemplo, aquelas que ocorrem no âmbito do PEPAC e do PRR, nomeadamente:

- Investimento produtivo agrícola e bioeconomia;

- Apoio à eficiência energética;
- Formação, aconselhamento e inovação.

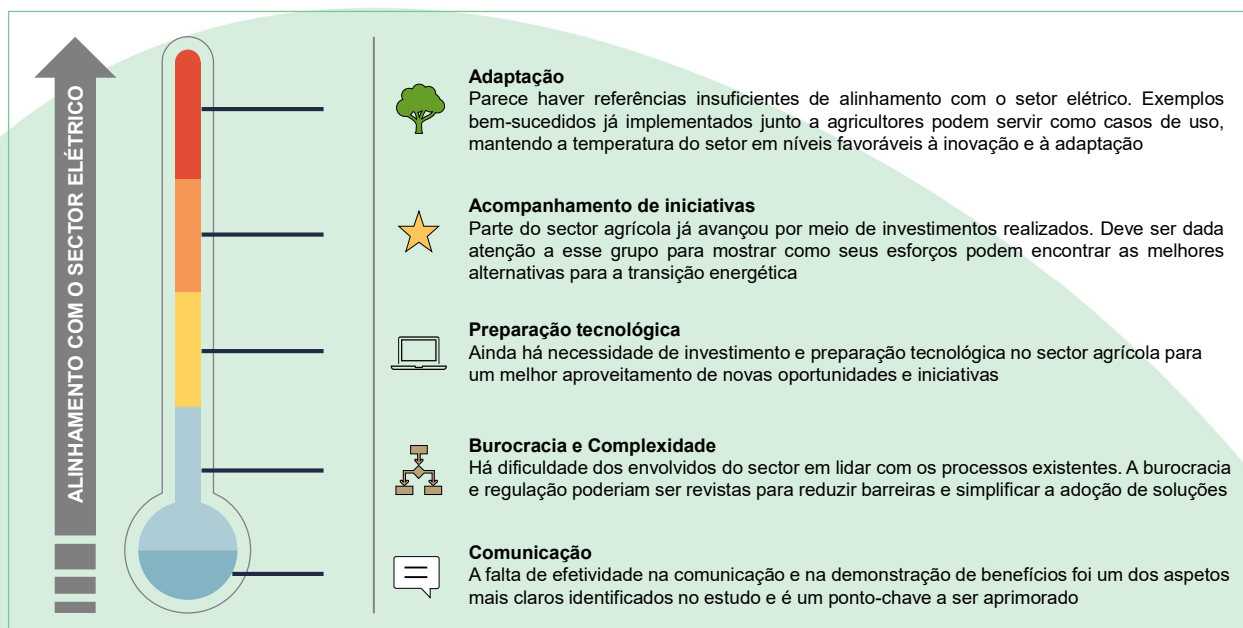


Figura 14 Síntese dos resultados dos inquéritos

O estudo aponta como prioridades para acelerar a adoção de CER no setor agrícola:

- Reforçar a informação clara e acessível sobre modelos e benefícios;
- Simplificar processos e reduzir barreiras administrativas;
- Desenvolver instrumentos de financiamento adequados;
- Promover ações de capacitação e demonstração prática.

Apesar dos desafios identificados, os resultados evidenciam um setor agrícola com uma base sólida para a transição energética:

- Crescente maturidade energética;
- Potencial abertura à inovação;
- Adoção de condições técnicas favoráveis.

6.4. Sobre a regulação do autoconsumo em Portugal

Os trabalhos no Tools4AgriEnergy no âmbito regulatório (no relatório R1) apresentam diversas conclusões relevantes sobre o enquadramento regulatório do autoconsumo em Portugal:

- Evolução normativa: Portugal tem transposto progressivamente as diretivas europeias sobre energia renovável e autoconsumo (como a D944 e D2001), culminando no Decreto-Lei n.º 15/2022, que consolidou a legislação do setor elétrico nacional, e no Regulamento n.º 815/2023 da ERSE;
- Modalidades de autoconsumo: São reconhecidas as modalidades de autoconsumo individual (ACI) e coletivo (ACC), com incentivos regulatórios como descontos nas tarifas de uso da rede e isenção das CIEG para o ACC;
- Limites geográficos restritivos: Existem restrições de distância entre unidades de consumo e produção (UPACs), o que dificulta o desenvolvimento de comunidades em zonas rurais. Contudo, o regulamento admite exceções caso haja interesse público ou estratégias territoriais justificadas, e tem evoluído recentemente permitindo maiores distâncias nas zonas de baixa densidade populacional;
- Figura das CER e CCE: As Comunidades de Energia Renovável (CER) e as Comunidades de Cidadãos para a Energia (CCE) foram legalmente reconhecidas, mas atualmente têm restrições que parecem contrariar parte das diretivas europeias, como o uso exclusivo de fontes renováveis e a limitação territorial no caso das CCE;
- Formas de partilha: a regulação portuguesa é uma regulação avançada no que aos mecanismos de partilha refere, incluindo partilha dinâmica que dá liberdade às comunidades para definir como querem fazer essa partilha interna de energia, ou a partilha hierárquica que facilita a inclusão concetual de ACI ou ACC num ACC de nível superior. Não obstante, os desenvolvimentos das entidades públicas para suportar esses mecanismos não estão a acompanhar atempadamente à regulação;
- Recomendações finais: A implementação de projetos de Autoconsumo Coletivo (ACC) e Comunidades de Energia Renovável (CER) em Portugal ainda enfrenta obstáculos significativos que comprometem a sua eficácia e atrasam os benefícios esperados.

Para melhorar este panorama, propõe-se reforçar a especialização técnica das entidades públicas, criar uma plataforma digital única para licenciamento, estabelecer prazos vinculativos com aprovação tácita em caso de incumprimento e adotar modelos-tipo aprovados para regulamentos e estatutos. A articulação com entidades locais também deve ser reforçada para agilizar pareceres urbanísticos e ambientais (mais informações em <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e43534> e <https://doi.org/10.1109/MPE.2024.3396442>).

Estas medidas, combinadas com a atuação efetiva do grupo de trabalho interinstitucional (Despacho n.º 10882/2023), garantiriam maior eficiência na aplicação dos fundos públicos disponíveis e acelerariam a transição energética de forma mais célere, justa e sustentável.

6.5. Próximos passos

Em suma, os desenvolvimentos realizados na RECreation no âmbito do projeto Tools4AgriEnergy, o conhecimento adquirido pela equipa do INESC TEC sobre o setor agroalimentar e a sua relação com o setor energético, o relacionamento com os parceiros do projeto e a melhor compreensão de como se desenvolvem as suas atividades, a participação em eventos nacionais do setor com o foco em aspetos energéticos, etc., estão atualmente a abrir novas oportunidades de investigação, desenvolvimento e transferência de tecnologia para a gestão de comunidades de energia e dos seus recursos flexíveis, com aplicabilidade em múltiplos setores de atividade:

- Desenvolvimento de comunidades de energia no âmbito rural, explorando instalações de solares convencionais e instalações de tipo Agri-PV. Em concreto, explorar as possibilidades de licenciamento da RECreation com a EDIA na futura comunidade de energia que estão a tentar desenvolver;
- Avances na gestão de novos recursos cross-setor próprios do setor agroalimentar, como são os recursos para a rega ou os ambientes de agricultura controlada, e colaboração com empresas do setor agroalimentar para o desenvolvimento de experiências piloto com aproveitamento da flexibilidade inerente as instalações;
- Colaboração com comercializadores de energia e empresas de serviços energéticos para o desenvolvimento de comunidades de energia e licenciamento da plataforma RECreation;
- Investigar e desenvolver funcionalidades avançadas no âmbito das comunidades de energia (por exemplo mediante a participação em projetos *Horizon Europe* e outras *calls* nacionais e internacionais), como por exemplo:
 - a integração da partilha local de energia com o fornecimento de flexibilidade a terceiros;
 - a integração de técnicas de IA para a gestão das comunidades;
 - o desenvolvimento de novos modelos e algoritmos para a gestão de novos recursos flexíveis;
 - o aproveitamento económico para os membros das comunidades da partilha dos seus dados energéticos em mercados de dados;

- o o desenvolvimento de novos modelos de negócio e adaptação das ferramentas as particularidades desses novos modelos;
- o aprofundar nas ligações entre recursos básicos com são os recursos hídricos e os recursos energéticos, intimamente ligados no setor agroalimentar, e o estudo de estratégias de gestão combinada (desenho combinado de tarifas de água e energia local), e o seu potencial impacto na gestão de comunidades no setor agroalimentar, etc.;
- o desenvolvimento de modelos mais complexos do consumo energético das atividades do setor agroalimentar atendendo às potências entradas como tipo de cultivos, antiguidade, extensão, tipo de rega, etc.;
- o Continuar a explorar a transferência de conhecimento e tecnologia ao setor.

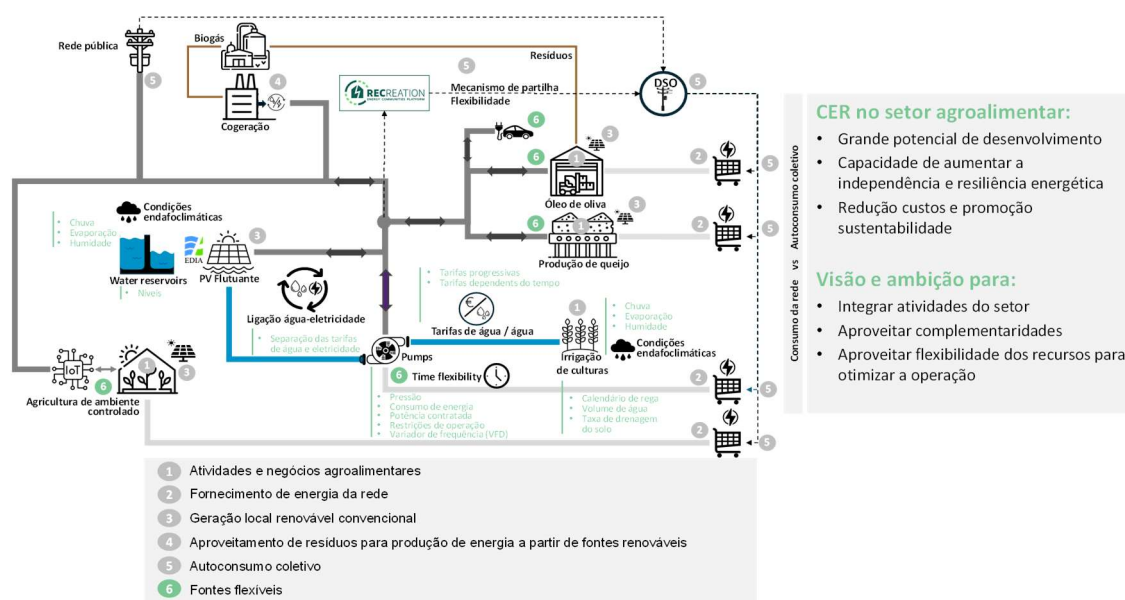


Figura 15 Visão das CER no agroalimentar

Acreditamos que a RECreation se posiciona como uma infraestrutura digital estratégica para viabilizar o modelo descentralizado e participativo da transição energética baseado no desenvolvimento das comunidades de energia, combinando rigor científico, inovação tecnológica e aplicabilidade prática. A RECreation está a ser desenvolvida com base em projetos reais e com forte alinhamento regulatório, e com potencial para ser uma referência nacional e internacional em plataformas de gestão de comunidades de energia, contribuindo para políticas públicas, investigação e inovação orientada para o mercado.