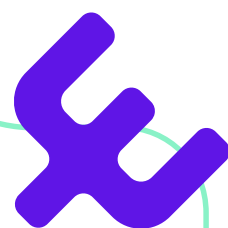




# Mais Energia Limpa

White Paper





## **TECH4 Sustainability - Mais Energia Limpa**

**Câmara Municipal do Porto**

### **Coordenação Editorial**

Porto Digital

### **Parceria**

Porto Digital

Direção para a Neutralidade Carbónica do Porto – Porto Ambiente

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

### **Fotografia**

Raposa Branca

### **Concepção Gráfica**

Soochy - Creative Agency

### **Produzido por**

Porto Digital

### **Ano de Publicação**

2025

### **Direitos de Autor**

© Município do Porto e Parceiros. 2024/2025. Todos os direitos reservados.

# TECH4 Sustainability

a academia e a cidade  
com uma energia "mais  
limpa"

O Tech4Sustainability fortalece a ligação entre a investigação académica e os projetos práticos na cidade do Porto, destacando as contribuições da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a sustentabilidade urbana. A iniciativa visa dar visibilidade ao impacto direto que a investigação científica, muitas vezes pouco reconhecida, tem na vida da cidade, em sintonia com a transição verde e digital, permitindo reforçar o compromisso em alcançar a neutralidade carbónica até 2030.

A primeira edição desta iniciativa destaca três áreas prioritárias: **Maior Circularidade, Mais Energia Limpa e Melhor Mobilidade**. Estes tópicos são fundamentais para os compromissos do Porto no âmbito da Missão Cidades, uma iniciativa da Comissão Europeia que apoia 100 cidades climaticamente neutras e inteligentes até 2030, promovendo uma ampla colaboração entre entidades públicas e privadas ao serviço dos cidadãos.

Após o sucesso do primeiro tema relacionado com a Circularidade, esta nova conferência pretende focar-se no **desenvolvimento de soluções energéticas sustentáveis com "Mais Energia Limpa"**. As **energias renováveis** têm um papel fundamental na garantia de um futuro ambientalmente mais saudável, permitindo suprir as **necessidades energéticas das comunidades** e diminuindo a **dependência de combustíveis de origem fóssil**.

A cidade do Porto e a sua academia têm demonstrado um compromisso claro com a implementação de soluções energéticas que, não só reduzam as emissões de gases com efeito de estufa, como também promovam a **autossuficiência energética e a inovação tecnológica**. No centro das atenções está a utilização da **energia solar, eólica, da biomassa e das ondas e marés**, fazendo da Natureza um aliado para conseguir uma interação mais saudável entre o Ambiente e o Homem. Estas tecnologias permitem oferecer um enorme potencial, **revolucionando a forma como a cidade** – e de forma mais alargada a Área Metropolitana – **e as suas infraestruturas produzem e consomem energia**.

A **energia eólica offshore**, por exemplo, está a ser amplamente estudada de forma a **otimizar e maximizar a sua eficácia em áreas costeiras marítimas**.

Além da energia eólica, há uma **forte aposta na energia das ondas e marés, oferecendo soluções sustentáveis para portos e zonas costeiras, convertendo a energia das ondas com a sua integração em estrutura portuárias**. Dada a extensa costa atlântica da Área Metropolitana do Porto, estas soluções podem efetivar-se como uma mais-valia. **Outros projetos de investigação** com grande impacto no setor da descarbonização permitem a **produção de energia sem emissão de gases com efeito de estufa, através do biogás, a partir de processos biológicos**.





A aposta estratégica do Município do Porto tem passado pela **energia solar fotovoltaica**, aumentando a capacidade de produção de energia através da cobertura em toda a área urbana. Este desafio encontra-se alinhado com as metas nacionais e europeias para a descarbonização. Dos diversos projetos inovadores que visam expandir a capacidade de produção está a **criação de comunidades energéticas**, nomeadamente, o projeto-piloto no Bairro da Agra do Amial, integrando-se na iniciativa Asprela + Sustentável. Já o projeto Porto Solar é um selo de excelência, cujo investimento na instalação de painéis solares em edifícios municipais permite à cidade do Porto produzir 1,6 GWh de energia renovável. Estes projetos aumentam a **produção de energia limpa**, inspiram a proliferação destas soluções tecnológicas por entidades públicas, privadas e pelos cidadãos, da mesma que ajudam a **reduzir os custos energéticos**, promovendo a eficiência e a poupança para os cidadãos e as instituições.

Esta estratégia integrada, que envolve a colaboração de equipas de investigadores entre a academia, o setor público e privado, reflete a visão do **Porto como uma cidade resiliente, inteligente e comprometida com o futuro da sustentabilidade**, assente nas melhores práticas inovadoras. A implementação de soluções energéticas renováveis não é apenas uma resposta às necessidades atuais, mas também um investimento a longo prazo, criando um **modelo de desenvolvimento urbano suscetível de ser replicado noutras cidades e regiões de Portugal e do Mundo**.



O Tech4Sustainability pretende afirmar-se como espaço de diálogo e demonstração da capacidade existente, antecipando **concretizações futuras assentes na tecnologia e inovação** e potenciando o melhor que é feito no Porto. A parceria entre a Academia e a Cidade continuará a ser crucial para **impulsionar soluções inovadoras que respondam aos complexos desafios ambientais e urbanos**.

O Porto está a emergir como um modelo de sustentabilidade na Europa. Alcançar estes objetivos exigirá o comprometimento ativo de diversos setores da sociedade, fomentando sinergias que irão transformar a cidade numa referência de resiliência, inteligência e neutralidade carbónica.





# Portos

Francisco  
Taveira Pinto

Os portos marítimos necessitam de um fornecimento significativo de eletricidade e são uma fonte de poluição atmosférica, dois problemas ambientais que podem ser minimizados utilizando energias renováveis. Tendo em conta a convergência de recursos, infraestruturas e instalações nos portos, as energias renováveis marinhas constituem uma alternativa prometedora. O projeto PORTOS (Ports Towards Energy Self Sufficiency) teve como objetivo avaliar, desenvolver e promover o uso integrado de recursos energéticos renováveis nos portos do Espaço Atlântico e aumentar a sua eficiência energética, estabelecendo um roteiro para um setor mais competitivo e sustentável.

O projeto PORTOS teve início em 2019 com o objetivo de promover as energias renováveis e a sustentabilidade nos portos. Para o efeito, foram estabelecidas parcerias com doze instituições de Portugal, Espanha, França, Reino Unido e Irlanda, incluindo: universidades, centros de I&D, empresas e portos. O projeto foi cofinanciado pelo programa INTERREG Espaço Atlântico 2014-2020 com um orçamento total de cerca de 3 M€. A integração das energias renováveis nos portos do Espaço Atlântico foi avaliada, desenvolvida e promovida no âmbito do projeto, em particular através de planos de exploração de energias renováveis para os portos alvo. Estes planos constituíram o cenário de base para desenvolver novas ferramentas e sistemas de apoio à decisão que orientarão outros portos - não só no Espaço Atlântico, mas também a nível mundial - no seu caminho para a autossuficiência energética.

O projeto PORTOS promoveu a sustentabilidade no Espaço Atlântico através da investigação avançada em energias renováveis marinhas para o fornecimento dos portos, permitindo que equipas de investigação testassem e analisassem o comportamento de vários dispositivos de energias renováveis nos laboratórios do consórcio, nomeadamente: Universidade do Porto (Portugal); Limerick Wave Ltd. e Seaturns; - IH Cantabria (Espanha); IDOM Consulting e Rotary Wave SL; - Universidade de Plymouth (Reino Unido); Pytheas Technology e Bluenewables;

e - UniOvi (Espanha): Asturmadi Reneergy, SL. Cada tecnologia foi testada durante pelo menos duas semanas nos laboratórios referidos, entre agosto de 2020 e março de 2021.

Ao longo do projeto foram identificadas as melhores áreas para a exploração de energias renováveis em cinco portos que constituíam os casos de estudo do projeto - Vigo (Espanha), Leixões (Portugal), Shannon-Foynes (Irlanda), Tenerife (Canárias) e Portos dos Açores (Portugal). Este trabalho foi efetuado com base na análise de dados relacionados com aspetos como: consumo de energia, recursos energéticos renováveis (eólica, ondas, marés e solar), restrições ambientais ou enquadramento legal. Foram aplicados modelos numéricos de alta resolução para melhorar a avaliação dos recursos e efetuar uma seleção rentável dos locais para o desenvolvimento de energias renováveis. Uma vez identificadas as melhores áreas para a exploração dos diferentes recursos de energia renovável marinha, foi efetuada uma avaliação técnica e económica de vários dispositivos de conversão a serem integrados nos portos.

Para além dos objetivos de investigação alcançados, o projeto PORTOS conseguiu também informar a sociedade sobre os benefícios do aproveitamento das energias renováveis e da sustentabilidade nos portos, através de vários eventos dedicados, nomeadamente: OpenPorts, OpenLabs e Seminários Temáticos com Stakeholders. Durante os OpenLabs, as instituições de investigação do consórcio abriram as suas portas às comunidades locais. Oradores convidados do meio académico e da indústria apresentaram as suas perspetivas sobre os desenvolvimentos atuais em matéria de energias renováveis marinhas e a sua aplicação em portos. Foram também organizadas visitas aos laboratórios. Os participantes foram informados sobre as práticas portuárias sustentáveis atuais e futuras que estão a ser implementadas nos portos. Foram também organizados cursos de formação, com o objetivo de melhorar a perceção social sobre as energias renováveis nos portos e reforçar os conhecimentos dos participantes sobre as energias renováveis marinhas.

Para a difusão dos avanços no âmbito do projeto PORTOS, foram publicados vários artigos em várias revistas científicas. Os resultados do PORTOS foram também apresentados em nove conferências internacionais.

# Poseidon

Tiago Ferradosa

O projeto POSEIDON (financiado pela FCT) foca-se na **otimização de soluções inovadoras de proteção contra a erosão em fundações complexas**, especialmente no contexto de infraestruturas associadas a energias renováveis marinhas. As energias renováveis offshore, como a eólica, apresentam um **grande potencial para a transição energética global**, mas enfrentam vários **desafios técnicos e económicos** que o POSEIDON se propõe a resolver.

Uma das grandes preocupações em instalações offshore está relacionada com a erosão dos sedimentos à volta das fundações. Esta erosão pode comprometer a estabilidade e durabilidade das infraestruturas, resultando em altos custos de manutenção ou até mesmo falhas estruturais. O POSEIDON **investiga especificamente soluções de proteção contra a erosão em diferentes tipos de fundações offshore**, como os monopilares (usados em turbinas eólicas), **fundações em jacket (estruturas reticuladas)** e **fundações por gravidade**. Estas fundações são críticas para **garantir a estabilidade de estruturas instaladas em ambientes marinhos desafiadores**, sujeitos a forças de correntes e ondas que podem acelerar os processos erosivos.

O projeto **integra modelação física e numérica para desenvolver uma metodologia avançada de aplicação de proteções dinâmicas contra a erosão**. As proteções dinâmicas têm o potencial de adaptar-se às mudanças nas condições do leito marinho, reduzindo a necessidade de intervenções e reparações constantes e contribuindo para a diminuição dos gastos em transporte, material e instalação. **Este conceito baseia-se na otimização das proteções que habitualmente se colocam e que recorrem em material de enrocamento de grandes dimensões**. Ao otimizar os procedimentos de dimensionamento e estudar o comportamento hidrodinâmico da camada de enrocamento que protege o solo e a estrutura, **o POSEIDON procura fornecer proteções economicamente mais viáveis e eficientes**. A principal vantagem reside na **capacidade de adaptação contínua da proteção ao longo do tempo**, respondendo às mudanças no ambiente marinho.

Ao combinar a modelação física, através de testes laboratoriais que simulam condições reais, e a modelação numérica, que permite prever cenários diversos e ajustar parâmetros, **o POSEIDON pretende criar um quadro metodológico**

**robusto que possa ser aplicado em diferentes contextos**. Esta abordagem integrada facilita a **criação de soluções para diferentes tipos de fundações e condições ambientais**, aumentando a eficiência operacional e reduzindo os custos totais do ciclo de vida das infraestruturas offshore.

Outro aspeto importante do POSEIDON é o **impacto que o projeto poderá ter na redução do custo nivelado de eletricidade no setor das energias renováveis marinhas**. Através da otimização das proteções contra a erosão, **as infraestruturas offshore podem ser mais duráveis e menos dispendiosas**, contribuindo diretamente para a competitividade das energias renováveis face a outras formas de produção de energia. **A redução dos custos de manutenção e a melhoria da fiabilidade destas estruturas são essenciais para que as energias renováveis offshore se tornem uma alternativa economicamente viável em larga escala**.

Para além das implicações tecnológicas e económicas, **o projeto POSEIDON também está alinhado com os objetivos da transição energética e da sustentabilidade ambiental**. Ao apoiar o desenvolvimento de infraestruturas mais eficientes para a produção de energia limpa, **o projeto contribui diretamente para a descarbonização do setor energético e para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas**. O uso de energias renováveis, como a eólica offshore, é **crucial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e para atingir as metas globais de redução de emissões de gases com efeito de estufa**.

Em termos de colaboração, **o projeto POSEIDON envolve uma equipa multidisciplinar de investigadores e engenheiros especializados em áreas como a hidrodinâmica, geotecnia, engenharia costeira e modelação computacional**. Além disso, o projeto **estabelece parcerias estratégicas com empresas do setor de engenharia marítima e instituições internacionais**, de forma a garantir que os resultados obtidos possam ser transferidos para a indústria e aplicados em projetos reais de energias renováveis marinhas.

Com o sucesso do POSEIDON, espera-se que as soluções desenvolvidas sejam aplicadas em projetos futuros, contribuindo para a expansão das energias renováveis offshore e para a criação de um futuro mais sustentável para o setor energético. O projeto não só melhora a tecnologia e a eficiência das infraestruturas, mas também **reforça o papel de Portugal na inovação e na liderança da investigação em energias renováveis marinhas**, nomeadamente na energia eólica offshore.



# Se@Ports

Paulo Rosa Santos

Os portos são infraestruturas fundamentais para o transporte de mercadorias e para a competitividade da Europa, sendo responsáveis por cerca de 75% do seu comércio externo. Estas infraestruturas têm, porém, **necessidades energéticas** muito elevadas e são responsáveis, por vezes, por criar e/ou potenciar problemas ambientais, nomeadamente os relacionados com a poluição do ar, tal como foi reconhecido pela European Sea Ports Organisation, num estudo que envolveu **91 portos de 20 estados membros da UE**. Estes problemas ambientais são, contudo, mitigáveis através da **utilização de energia renovável nas atividades portuárias**, a qual pode ser gerada localmente através da conversão dos recursos renováveis marinhos em eletricidade.

As infraestruturas e instalações portuárias são **protegidas por quebra-mares**, projetados para resistirem à ação da agitação marítima e promoverem a **dissipação da sua energia**, de forma a criar condições de abrigo adequadas às atividades que decorrem no interior do porto. A exposição à agitação marítima dos quebra-mares torna-os particularmente **adequados para a integração de tecnologias de conversão da energia das ondas (TCEOs)**, que passam assim a combinar a **tradicional função de abrigo portuário com a de produção de eletricidade a partir de recursos renováveis**, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a melhoria da imagem das infraestruturas portuárias. Outras vantagens destas estruturas multifuncionais são: **partilha dos custos de construção e de manutenção, proximidade das TCEOs a terra e à rede elétrica**, e a provável melhoria do desempenho hidráulico do quebramar,

devido à absorção eficiente da energia das ondas. Os problemas associados à instalação offshore das TCEOs são também evitados. No entanto, **a integração de TCEOs em quebra-mares portuários não deve comprometer o seu desempenho funcional**, designadamente: comportamento à reflexão, dissipação da energia da onda e transmissão, especialmente por galgamento, quando existem terminais portuários a sotamar. Além disso, **não podem ser criados problemas de instabilidade hidrodinâmica e a integridade estrutural do quebramar não pode ser negativamente afetada**.

Foi este contexto e racional que esteve na origem do **projeto SE@PORTS – Sustainable Energy in Ports**, que pretendeu demonstrar que a combinação é vantajosa, tanto para os quebra-mares, como para as TCEOs. Durante o projeto, e após análise das TCEOs existentes, foi concebida e desenvolvida uma nova tecnologia para a conversão da energia das ondas – o Hybrid WEC. Este sistema inovador **combina dois princípios de conversão complementares: a coluna de água oscilante** (testada, por exemplo, na Ilha do Pico, Portugal, e em Mutriku, Espanha, com TRL8) e um **sistema que funciona com base no princípio do galgamento** (TRL4). O Hybrid WEC foi estudado com recurso à **modelação numérica e física**, de forma, primeiro, a fazer a sua prova de conceito e, depois, melhorar o seu desempenho global, não apenas na produção de eletricidade para as condições de mar características do local de instalação, mas também no que concerne a impactos na funcionalidade do quebramar designadamente: comportamento à reflexão, galgamento e estabilidade.

Após o fim do projeto SE@PORTS, o estudo do sistema Hybrid WEC foi continuado no projeto WEC4Ports - A Hybrid Wave Energy Converter for Ports, tendo em vista aumentar o seu nível de maturidade tecnológica e aproximar o conceito do mercado.

# Energia Fotovoltaica no Porto

## Agra do Amial: a primeira comunidade de energia renovável do Porto

Rui Pimenta

A pobreza energética é um dos problemas nacionais mais expressivos que se estima que afete entre 1,8 a 3 milhões de portugueses, onde o **setor público tem um papel crucial, garantindo que os recursos são direcionados para facilitar esta mudança e incentivar práticas mais sustentáveis na sociedade, promovendo maior bem-estar e qualidade de vida.**

Embora estes projetos e iniciativas pioneiras estejam a contribuir para uma grande transformação sustentável, a cidade do Porto pretende ser mais ambiciosa e quer **alargar a criação destas comunidades energéticas aos mais de 50 bairros municipais, servindo quase 30 mil pessoas, com uma produção estimada de 6 MW de energia renovável.**

No panorama energético, o caminho passa pela **produção e uso de mais energia fotovoltaica no Porto e a sua partilha, sempre que possível, através da constituição de comunidades de energia renovável.**

A comunidade de energia renovável do Bairro da Agra do Amial, no Porto, surge através do projeto “Asprela + Sustentável” e constitui a primeira comunidade de energia da cidade, sendo a primeira deste género no país, onde **abrange mais de 180 famílias e cuja colaboração é feita entre o parque habitacional e a Escola Básica da Agra do Amial (gerida pelo Município do Porto).** Este projeto envolveu a **colocação de sistemas solares fotovoltaicos nos telhados, de modo que o bairro possa produzir a sua própria energia, contribuindo para a descarbonização.** Estima-se que mais de 50% da energia mensal consumida pelas famílias-membro já terá sido proveniente desta energia renovável, nos primeiros meses de funcionamento. Além disso, **a energia excedente é armazenada em baterias para ser utilizada posteriormente e partilhada.**

Este projeto inovador permite envolver o conceito de sustentabilidade nos seus três pilares fundamentais: na **vertente ambiental com redução das emissões de carbono, na vertente económica com a redução de custos energéticos e por fim na vertente social com a participação dos elementos da comunidade como produtores e consumidores de energia limpa.**

A escolha do Bairro da Agra do Amial para projeto-piloto foi resultado de uma grande proximidade com o polo de maior concentração de conhecimento e de muita investigação no Porto, onde se incluem universidades, politécnicos e centros de Investigação. A colaboração entre estas entidades e o município com o “Asprela + Sustentável”, **permitiu a aplicação de medidas no âmbito da mobilidade sustentável, da criação de novas tecnologias, do consumo de energia limpa, bem como do incentivo à economia circular e do combate à pobreza energética.**



**Até 2030 é expectável que todos os edifícios de habitação municipal produzam energia, reforçando o compromisso do Porto na matéria de sustentabilidade e cujo investimento direto ronda os 6 milhões de euros, e um retorno de mais descarbonização e menor pobreza energética.**

Para lá do património municipal onde o Município do Porto pode intervir diretamente, **é importante criar condições para alavancar a participação privada no esforço de descarbonização da cidade.** Assim, o Porto continua a liderar pelo exemplo e já dispõe de incentivos à produção de energia, com uma redução de 500 euros no Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI), por cada quilowatt instalado.





## O Futuro da Energia Limpa

Assista ao documentário

Luís Seca

Francisco  
Taveira Pinto

José Luís  
Alexandre

Na conferência “Mais Energia Limpa”, o painel de discussão sobre o “Futuro da Energia Limpa” contou com a moderação de Luís Seca, investigador sénior no INESC TEC e trouxe para a discussão dois oradores relevantes na investigação científica: o Professor Francisco Taveira Pinto, especialista em energias renováveis marinhas, das ondas, marés e eólicas offshore e o Professor José Luís Alexandre, especialista em cogeração e tecnologias de energia limpa, ambos docentes e investigadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Destaca-se da conversa um olhar para o projeto “Portos” e para o seu precursor “SeaPorts” que consistem na incorporação de dispositivos híbridos para aproveitamento de energia das ondas em infraestruturas portuárias

próximas à linha de costa. Explorando o tema, Francisco Taveira Pinto refere que não há energias totalmente limpas e que todos os tipos de energia consumida têm o seu impacto ambiental. A ideia subjacente aos projetos passa pela capacidade de aproveitamento da energia marinha nas estruturas portuárias em vez de promover apenas a sua dissipação, apoiando assim a autossuficiência dos portos e potenciando até a utilização da energia elétrica em excesso, seja para injeção na rede convencional, seja para produção de hidrogénio. De facto, o mar é um recurso energético muito interessante: em termos médios, a energia disponível no mar sobre todas as formas, é aproximadamente igual ao consumo médio anual do Mundo. No entanto, por questões de eficiência nem toda pode ser aproveitada, mas há inúmeras oportunidades no âmbito das energias renováveis.

O Professor José Luís Alexandre destacou na sua intervenção a explicação das oportunidades em torno de projetos de elevado impacto no âmbito da tecnologia de cogeração de gases renováveis, que combina a produção de energia elétrica com o aproveitamento do calor para aquecimento ou refrigeração, promovendo a eficiência energética.

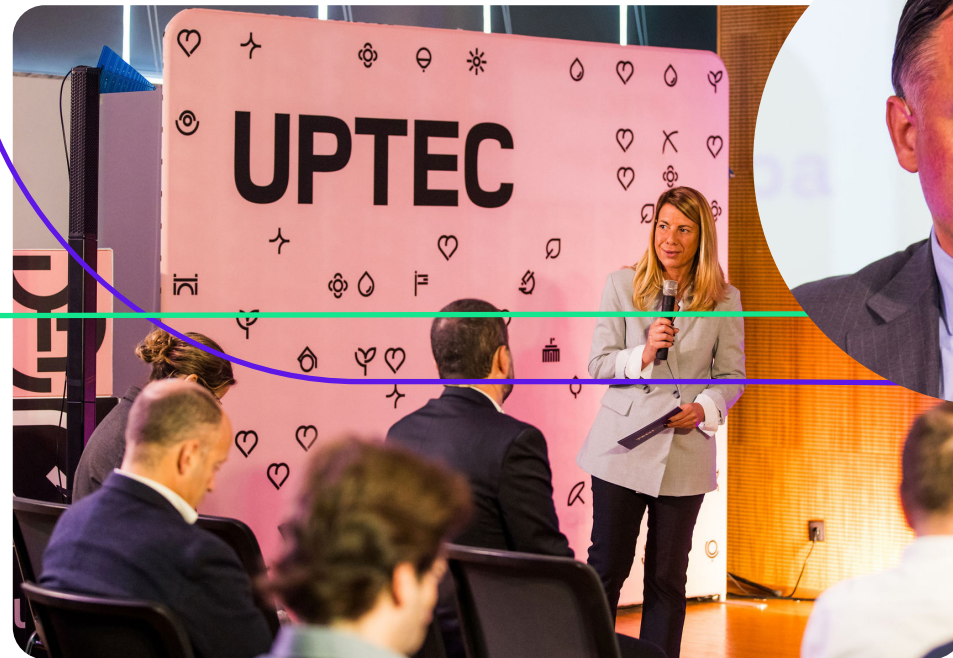
Esta tecnologia pode ser aplicada, por exemplo, num contexto de comunidades energéticas onde pode haver partilha de eletricidade (o que







acontece nos exemplos mais comuns), **mas também do recurso térmico**. Um dos exemplos concretizados relaciona-se com o do **processo de gaseificação da biomassa a partir dos resíduos orgânicos em ETARs**, que permite a produção de biogás em excesso que pode ser usado para cogeração, fornecendo calor para aquecimento de água a preços mais baixos. Isto para exemplificar que, também no caso das **comunidades de energia renovável**, se pode fazer partilha de eletricidade e térmica, conforme os processos disponíveis.



No final, da discussão fica um convite à reflexão sobre a utilização de diferentes fontes de energia e até mesmo sobre algum ceticismo criado nas expectativas da implementação da capacidade renovável. No que concerne às tecnologias de futuro e das próprias necessidades energéticas da cidade do Porto foi apontado de forma unânime que a **diversidade nas fontes de energia o mais limpas possível (gás natural, biogás, eólica, marinha, fotovoltaica)** é uma solução viável para ultrapassar os desafios existentes. Além disso, é fundamental assegurar a eficiência energética e o consumo responsável, este último evidenciado pelo conceito de **suficiência**. Estes devem ser os pilares de uma nova cultura de utilização de energia na nossa sociedade, **garantindo assim a sustentabilidade necessária que contribua para uma maior racionalidade e independência energética do território**.



[Explore o projeto](#)

# 112CO<sub>2</sub>

Adélio Mendes

Este projeto caracteriza-se pelo **desenvolvimento de uma tecnologia que permite a produção de energia sem emissão de gases com efeito de estufa/poluentes**. É objetivo da equipa responsável que **esta tecnologia de baixo custo, sustentável e de rápida implementação seja capaz de ser utilizada em aplicações estacionárias e móveis**.

Neste contexto, **esta tecnologia transforma o metano** (que pode ser biometano ou gás natural) **em carbono e hidrogénio, sem produzir outros poluentes**. É expectável que, **no caso de ser utilizado gás natural, este processo represente uma poupança de ca. 50 % comparado ao método que é utilizado atualmente**. Se o processo envolver biogás, a estimativa passa para os 90 %.

Quanto às aplicações estacionárias e, dando como exemplo as indústrias química e petroquímica, **o hidrogénio produzido poderá ser utilizado em células de combustível para produzir eletricidade e transformar os minerais de ferro em ferro metálico**. Esta alteração permitirá o fornecimento de hidrogénio a bairros ou quarteirões.

A nível mundial, **a indústria do amoníaco consome cerca de 55% do hidrogénio produzido, seguida das refinarias, com cerca de 25%, e da produção de metanol, com cerca de 10%**. Em 2022, e de acordo com a AIE, foram produzidas cerca de 95 Mton de hidrogénio, representando um total de 1,2 Gton de emissões de CO<sub>2</sub> (a AIE indica uma média de 12-13 kg de CO<sub>2</sub> emitidos por quilograma de hidrogénio produzido).

**Globalmente, cerca de 48% deste hidrogénio é produzido por reforma a vapor do metano (SMR), emitindo cerca de 9 kg de CO<sub>2</sub> por quilograma de hidrogénio**. Se a totalidade da produção de hidrogénio por SMR for **substituída pelo processo CMS**, tal representaria uma poupança de CO<sub>2</sub> de 410 Mton e 62 G€ (95 GkgH<sub>2</sub>

x 0,48 x (2,74 €/kg H<sub>2</sub> - 1,39 €/kgH<sub>2</sub>) = 62 G€ ou 62 mil milhões de euros) **de poupança, se as emissões de CO<sub>2</sub> tiverem de ser pagas**. Se a **produção mundial de hidrogénio for substituída pela CMS**, a poupança de emissões de CO<sub>2</sub> será de 1,2 Gton por ano.

Já nas aplicações móveis, **o carbono ou carvão, que é produzido em partículas, poderá ser utilizado na construção civil**, aplicando os seguintes exemplos: produção de blocos compósitos, estradas e/ou indústria de pneus.

## A energia «de que o planeta precisa»

A reação química de transformação do metano em hidrogénio e carbono designa-se de clivagem do metano ou decomposição do metano.

«O êxito do projeto permitirá muito rapidamente produzir energia com base no gás natural, mas sem emissões de CO<sub>2</sub> e ganhar, assim, tempo que o planeta precisa para o desenvolvimento de outras tecnologias que utilizem, apenas, fontes renováveis de energia. Em todo o caso, a clivagem do metano permanecerá como uma das tecnologias mais eficazes na remoção do CO<sub>2</sub> atmosférico, quando combinada com a indústria do biogás», esclarece Adélio Mendes, investigador do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) da FEUP e responsável pela equipa de investigação do presente projeto.

O «112CO<sub>2</sub>» garantiu um financiamento europeu no valor total de 3,5 milhões de euros e tem como parceiros a Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP), a Agência Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), em Espanha, a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), na Alemanha e a École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), na Suíça. **Estão também envolvidas várias empresas europeias**, como é o caso da Quantis (Suíça), Paul Wurth (Luxemburgo) e a PixelVoltaic (Portugal).



# Biogás na ETAR

Cecília Santos

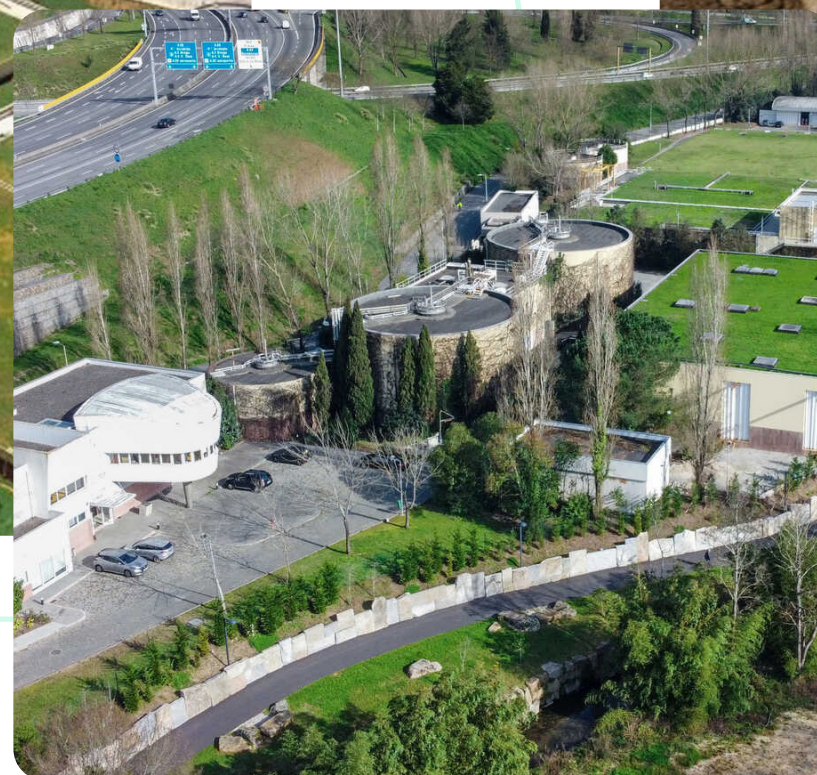
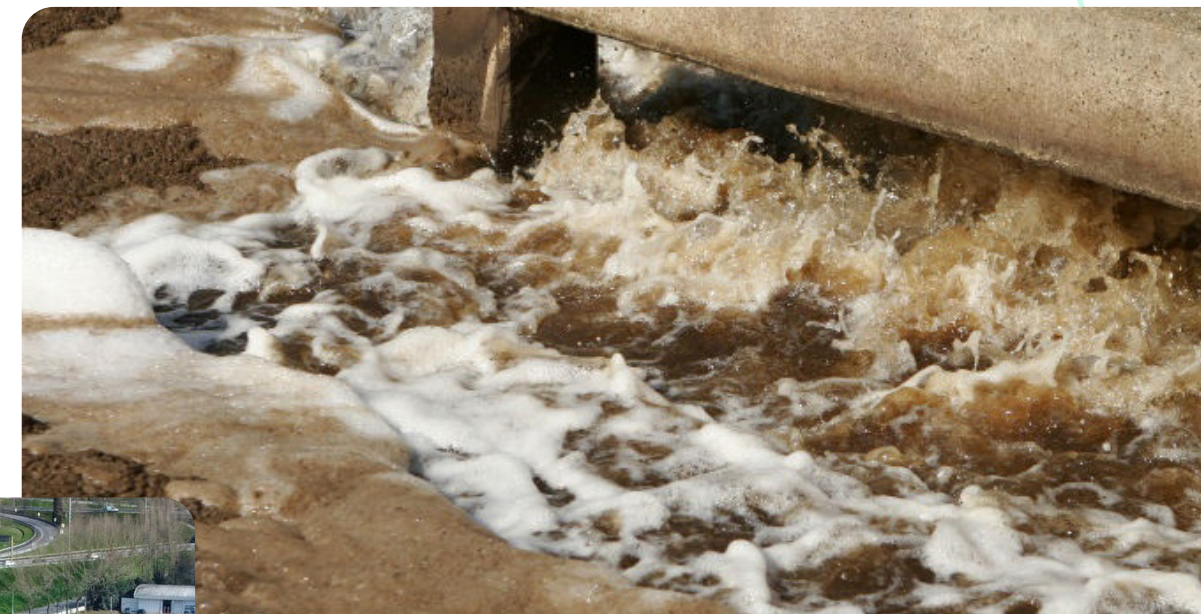
Explore o projeto

No contexto atual de transição energética e combate às alterações climáticas, as Estações de Tratamento de Água Residuais (ETAR) desempenham um papel essencial na promoção de um futuro mais sustentável. A Águas e Energia do Porto (AEdP) está empenhada em transformar o tratamento de águas residuais, apostando na eficiência energética e na valorização dos recursos que essa água contém.



Nesse caminho rumo à neutralidade energética, estão a ser implementados diversos **projetos focados tanto na redução do consumo de energia, como na produção de energia renovável.**

Um desses projetos está relacionado com a produção de biogás. Na ETAR do Freixo, as lamas primárias e biológicas produzidas no tratamento da água residual são estabilizadas por digestão anaeróbia. Nesse processo, que ocorre na ausência de oxigénio e sob condições controladas, a **matéria orgânica presente nas lamas é degradada e convertida em biogás**, o qual é composto maioritariamente por metano. O biogás é assim uma fonte de energia renovável, pelo que a sua valorização contribui para diminuir a dependência de combustíveis fósseis, promovendo uma transição para fontes de energia mais eficientes e sustentáveis. O projeto de otimização do processo de digestão anaeróbia e da ampliação do aproveitamento do biogás produzido irá permitir melhorar o aproveitamento deste recurso.



Outro projeto importante é a produção de energia fotovoltaica. Na ETAR do Freixo está já em funcionamento uma unidade de produção de energia fotovoltaica para autoconsumo, que será ampliada para um total de 570 kW de potência instalada. De igual forma, está em curso na ETAR de Sobreiras a instalação de 387 kW de painéis solares. Estes projetos permitirão uma **maior autonomia energética e uma redução significativa de emissões de carbono**. O facto das ETAR do Porto serem completamente cobertas, além de favorecer a integração paisagística, tem ainda a vantagem de oferecerem uma vasta área disponível para a instalação deste tipo de unidades de produção de energia.



Paralelamente estão também a ser **substituídos equipamentos nas duas ETAR, adotando tecnologias mais eficientes em termos energéticos**, como parte de uma estratégia mais ampla de reformulação e otimização dos processos.

Na área de investigação e desenvolvimento, **encontram-se a decorrer projetos como o SUPREMAS, um projeto internacional financiado pelo programa HORIZONTE Europa, que tem por objetivo desenvolver e testar tecnologia para a produção de energia renovável através da gaseificação de diferentes tipos de resíduos.**



Todos estes projetos estão alinhados com a estratégia do município para a transição energética e descarbonização, reforçando o compromisso com a sustentabilidade e a economia circular.



A Águas e Energia do Porto desempenhará um papel crucial, ao testar e validar esta tecnologia em lamas de ETAR, através da instalação de uma unidade modular móvel na ETAR do Freixo. O gás de síntese obtido a partir das lamas será purificado, podendo ser utilizado em sistemas de cogeração ou em Células de Combustível de Óxido Sólido (SOFC), permitindo uma geração altamente eficiente de energia elétrica e térmica, sem emissões para a atmosfera. A grande vantagem deste processo reside na **valorização total das lamas que são produzidas na ETAR, permitindo ainda a produção de subprodutos como o BIOCHAR e o CO2, com elevado potencial de valorização.**



# Painéis Fotovoltaicos na FEUP

Ana Sofia  
Guimarães

Explore o projeto

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) concluiu em 2021 a instalação de uma nova unidade de produção fotovoltaica de autoconsumo.

Este projeto, que teve uma duração de execução de seis meses, incluiu a **instalação de 708 painéis nas coberturas de alguns edifícios do campus**, numa área de, aproximadamente, 1420 m<sup>2</sup>, cuja potência instalada foi de 280kW DC.

Além de contribuir para a **implementação de políticas sustentáveis de energia**, a **instalação destes painéis permitiu também uma redução de custos relativos ao consumo de eletricidade**.

A instalação está a produzir uma média de 417 MWh por ano, o que representa cerca de 10% do consumo da FEUP em energia elétrica, e **revelou uma poupança média anual nos custos na ordem dos 100 mil euros**. Relativamente à **emissão de CO<sub>2</sub>**, os valores calculados apontam para uma **redução de 100 toneladas por ano**.

O valor da obra, 233.000€, executada pela empresa DST Solar foi suportado, na **totalidade, por verbas do Santander Totta** (no âmbito do protocolo existente com a Universidade do Porto).

## Porto Solar

Daniel Freitas

O Porto Solar é uma das iniciativas implementadas pelo município do Porto no âmbito do cumprimento da sua ambiciosa estratégia climática, definida no Contrato Climático do Porto e em instrumentos estratégicos anteriores. Numa parceria entre a Agência de Energia do Porto (AdEPorto), a Domus Social e a Águas e Energia do Porto, esta ação **tem como objetivo a implementação de sistemas fotovoltaicos para produção e consumo de energia em edifícios municipais**, permitindo que os mesmos **sejam produtores de energia limpa e contribuindo para a descarbonização da cidade**.

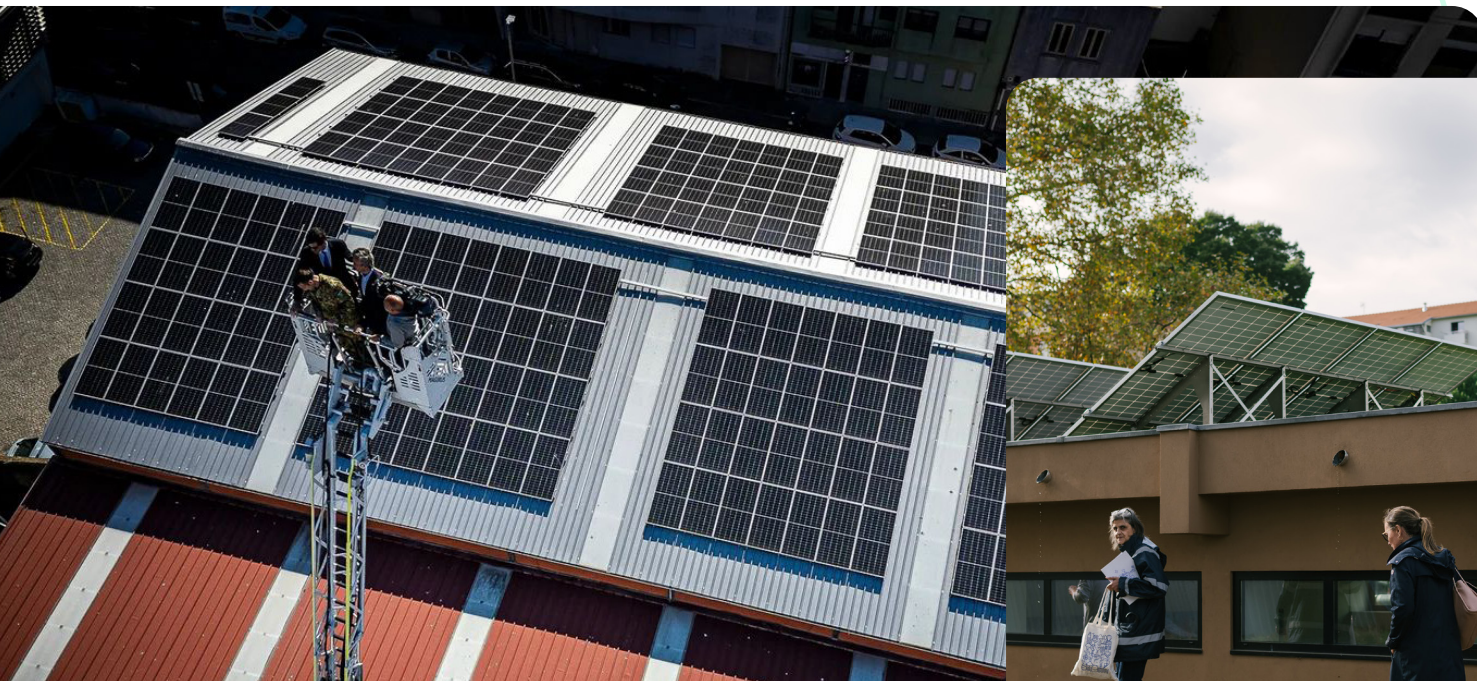




O Porto Solar, na sua primeira fase, abrangeu um total de 29 edifícios municipais, que incluem 25 escolas básicas, a Polícia Municipal, o Quartel do Regimento de Sapadores Bombeiros, o Viveiro Municipal e as Oficinas do Carvalhido, onde foram instalados 5.143 m<sup>2</sup> de painéis solares. O investimento municipal de aproximadamente 722 mil euros permite uma redução de cerca de 30% da energia elétrica proveniente da rede, uma poupança superior a 150 mil euros na fatura anual de eletricidade, assim como uma **diminuição da emissão de cerca de 412 toneladas por ano de Gases com Efeito de Estufa (GEE)**. É possível, ainda, o **carregamento dos veículos elétricos, de parte da frota municipal, de forma 100% renovável com a utilização da energia produzida.**

dimensão dos consumos energéticos das instalações. **Este envolvimento das gerações mais novas pretende consciencializá-las para hábitos de consumo eficientes e mais responsáveis.**

Em termos futuros, o município pretende continuar a **aposta na instalação fotovoltaica nos seus múltiplos edifícios**, tendo em vista **aumentar a produção de energia limpa e contribuir para uma maior resiliência energética da cidade do Porto**. O Porto Solar terá novas fases de expansão e vai sendo desenvolvido a par e passo com outras ações de instalação fotovoltaica em edifícios municipais.



No caso do **Quartel do Regimento de Sapadores Bombeiros (RSB)**, a produção de energia renovável já ultrapassa mais de metade do seu consumo e o município prevê uma poupança anual de superior a 23 mil euros anuais. Estes investimentos são muito importantes, pois em média, **30% do consumo nestes edifícios provém de energia renovável.**

Além dos benefícios ambientais e económicos, **este projeto assume um caráter educativo uma vez que os alunos das várias escolas intervencionadas têm acesso aos valores de produção e consumo de energia solar em tempo real**, permitindo comparar com os resultados de outras escolas e compreender a



Assim, **o Porto reafirma o seu compromisso com o combate às alterações climáticas**, integrando projetos como o Porto Solar na sua estratégia ambiental e cujos eixos de atuação, estão em linha com os **compromissos políticos assumidos relativamente à neutralidade carbónica da cidade.**

Esta abordagem de produção de energia limpa, dando o exemplo, contribui para uma cidade mais preparada para os desafios energéticos do futuro, e **procura envolver a comunidade para uma cultura de consumo consciente e sustentável.**



# Comunidades de Energia | CoGeração

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) tem estado envolvida no desenvolvimento de tecnologias e soluções que contribuem para a **redução de emissões de carbono** com o objetivo de criar condições para que as metas nacionais e internacionais nas emissões se cumpram, até 2050.

Destacamos as seguintes opções:

1. **“auto gaseificação” de biomassa** para utilizar em motores de combustão interna com produção simultânea de electricidade e calor (calor + frio)
2. Produção de **combustíveis sintéticos efuel**
3. **Unidades de cogeração** convencionais com utilização de gases renováveis

Segundo o investigador da Secção de Fluidos e Energia do Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP, José Luís Alexandre, pode-se afirmar que estamos na presença de uma **nova geração de unidades de cogeração, que podem utilizar gás natural com mistura de hidrogénio (H2NG)) ou outro tipo de gases renováveis.**

José Luís  
Alexandre

Explore o projeto

Estas misturas podem variar até 25%, numa fase inicial, mas poderão vir a utilizar-se máquinas térmicas (motores) com 100% de hidrogénio. As misturas de menor percentagem de H2 faz com que os motores não necessitem de grandes adaptações técnicas, por outro lado, a utilização de 100% de H2 é um grande desafio, porque a sua queima directa origina altas temperaturas e consequentemente a produção de NOx (veneno!)

Nestes casos, **a cogeração (ou tri-geração) pode ser uma solução de tecnologias interessantes, representando um futuro promissor, quer numa fase inicial com a utilização de gás natural, quer na utilização de misturas com combustíveis sintéticos** (metano sintetizado).

Referindo um exemplo prático, o **Hospital de São João tem uma unidade de CoGeração moderna e a operar há mais de 12 anos com uma produção de electricidade de 7,29 MW, 7 MW de calor e 4 MW de frio para o hospital.** Esta unidade hospitalar não é a única. O Hospital de Viseu está também a instalar, no âmbito do PRR, uma unidade de última geração que tem a capacidade de utilizar HyBlend até 25% em H2, podendo ir até um valor superior, produz 1,0 MW de eletricidade em regime de autoconsumo e água quente (principalmente para água quente sanitária) e frio quando necessário. Estas unidades, **além do H2NG, podem ser alimentadas a biogás de aterro sanitário, biogás de biogestores de efluentes urbanos, ou efuels.**

Estas unidades em regime de autoconsumo e alimentadas a gases renováveis podem ser integradas nas ditas CERs, embora os custos de operação e de investimento sejam superiores aos painéis fotovoltaicos. Daí a proliferação destes últimos face aos primeiros.



# Comunidades de Energia Renovável:

## Futebol Clube Porto e Mercado abastecedor do Porto

A cidade do Porto tem apresentado um progresso substancial na transição energética, com ações inovadoras focadas na descarbonização e no estímulo à criação de comunidades de energia renovável. Destacam-se dois exemplos de entidades privadas que têm sido líderes neste tema.

### Futebol Clube do Porto

O Futebol Clube do Porto (FC Porto) em colaboração com a Greenvolt desenvolveu uma parceria que permitiu a criação de duas comunidades de energia renovável, uma na zona Oriental da Cidade do Porto e outra no Centro de Treinos do Olival. Esta iniciativa procura promover uma gestão eficiente de energia, onde a comunidade, moradores e instituições vizinhas, podem contribuir para a produção e consumo de energia elétrica fotovoltaica. O objetivo passa por agregar mais utilizadores destas comunidades para que tenham acesso à eletricidade produzida a preços reduzidos e mais competitivos, de forma sustentável.

A instalação de cerca de 2000 painéis fotovoltaicos no Dragão Arena e noutras instalações não é suficiente para suprir todos os gastos energéticos. Mas este projeto permitirá ganhos a todos os envolvidos. Enquanto os produtores locais recebem benefícios financeiros pela venda do excedente energético, o FC Porto conseguirá reduzir os seus custos com energia, contribuindo para uma descentralização da produção energética de forma mais limpa e melhorando o seu desempenho ambiental.

[Teresa Santos](#)[Rui Pimenta](#)[Explore o projeto](#)

## Mercado abastecedor do Porto

O projeto do Mercado Abastecedor do Porto é um dos exemplos práticos de excelência na descarbonização da cidade, onde se insere a instalação de um sistema fotovoltaico de 1,5 MW para autoconsumo. Este investimento permitirá a redução de 1,68 GWh no consumo de energia da rede e uma diminuição de 430 toneladas nas emissões de Gases com Efeito de Estufa. Estes são projetos ambiental e financeiramente atrativos, gerando benefícios muito relevantes para todos os envolvidos, enquanto contribuem para as ambiciosas metas climáticas da cidade. O excedente de energia produzido nesta instalação poderá ser partilhado com outras entidades locais, maximizando o potencial das comunidades energéticas.

Na freguesia de Campanhã há um conjunto de vários investimentos a serem implementados, de modo a criar um polo de produção de energia renovável que possa dar respostas às múltiplas necessidades energéticas, desde o Estádio do Dragão, ao Mercado Abastecedor, passando pelo antigo Matadouro e diversos edifícios municipais de serviços ou de habitação municipal. Estas iniciativas fazem parte de um compromisso mais alargado da cidade do Porto: o Pacto do Porto para o Clima que visa alcançar a neutralidade carbónica até 2030. As comunidades de energia, juntamente com outras soluções de eficiência e produção de energia renovável, reforçam o papel de liderança da cidade Invicta na transição energética. Através do equilíbrio entre a partilha de recursos e o consumo sustentável, com a integração de tecnologias limpas, a cidade está a construir um futuro a pensar nas novas gerações.







# TECH4 Sustainability: Mais Energia Limpa

O que aconteceu  
na conferência

Joana Maia

Filipe Araújo

Adélio Mendes

O Porto destaca-se no panorama da sustentabilidade urbana através de projetos inovadores em energias renováveis que combinam a ação do município com o conhecimento académico. Durante a recente Conferência realizada no âmbito da atividade **TECH4 Sustainability** com o tema “**Mais Energia Limpa**”, Filipe Araújo, Vice-Presidente da Câmara Municipal do Porto, e Adélio Mendes, professor e investigador da FEUP, discutiram iniciativas centrais, como as **Comunidades de Energia** e os projetos de investigação científica, além do papel da academia na transição energética. O painel foi moderado por Joana Maia.

As Comunidades de Energia (CE) surgem como uma estratégia para produzir energia renovável, reduzindo assim as emissões de carbono e aumentar a participação cívica. Estas iniciativas visam descomplicar o acesso à produção de energia renovável. **Filipe Araújo mencionou projetos municipais como o Porto Solar**, que envolvem diretamente os cidadãos na criação de energia verde.

Contudo, **Adélio Mendes questionou se a academia está, de facto, a contribuir para uma transição eficaz**, sugerindo que a Universidade do Porto deveria considerar a constituição de um gabinete específico que alinhasse a investigação com as **políticas públicas**. Esta coordenação poderia maximizar o impacto da investigação aplicada e garantir uma maior adaptação das soluções energéticas às necessidades da cidade.

Na sessão, **foram abordados vários desafios no contexto das CE e da produção energética sustentável**. Um ponto crítico levantado foi a dependência de painéis fotovoltaicos de origem chinesa, um aspeto relevante em termos de segurança energética e sustentabilidade. Além disso, **Adélio Mendes sugeriu a promoção de edifícios que conciliem funcionalidade, beleza e eficiência energética** – um esforço conjunto de arquitetos e engenheiros.







Outro desafio apontado é o impacto ambiental associado à produção, em larga escala, de painéis solares. A longo prazo, espera-se que a cidade adote uma combinação de diferentes fontes renováveis para mitigar este tipo de resíduos e minimizar o impacto ambiental.

O projeto **112C02**, financiado pela Comissão Europeia, representa um modelo de produção de energia limpa que captura CO2 e transforma-o em energia acessível e armazenável. Este projeto foi destacado como uma solução “win-win” com grande potencial para integrar redes energéticas



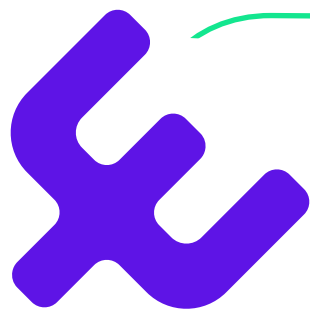
urbanas e industriais, ajudando a cidade do Porto a descarbonizar a sua rede energética. Filipe Araújo referiu ainda o projeto de biogás na ETAR do Freixo, que converte resíduos em energia a custos significativamente mais baixos que o gás natural, promovendo a economia circular e o aproveitamento de recursos locais.

A sessão destacou o valor da cooperação entre a academia, o município e as empresas, reforçando a necessidade de soluções energéticas diversificadas e resilientes. Adélio Mendes mencionou o potencial das parcerias internacionais no desenvolvimento de boas práticas e tecnologias avançadas, que podem ser aplicadas localmente para otimizar a eficiência das redes de energia.

Ao integrar práticas colaborativas e combinar tecnologias complementares, o Porto reforça o seu compromisso com a sustentabilidade urbana, consolidando-se como um modelo de inovação em energias renováveis e economia circular.







# Mais Energia Limpa



PACTO  
DO PORTO  
PARA O CLIMA

