



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
PARA A PROMOÇÃO DO HIDROGÉNIO

magazine

Nº13 MARÇO ABRIL 2024 REVISTA BIMESTRAL 4€



**CIMEIRA
E EXPOSIÇÃO**

LISBOA REÚNE SETOR ENERGÉTICO

ENTREVISTA

José Aramburu Delgado,
CEO da Cepsa Portugal

: INFRAESTRUTURAS
: Hidrogénio na rede
: de gás natural

: INDÚSTRIA
: H2 Verde e Biometano
: na descarbonização

**: ESTAÇÕES DE
ABASTECIMENTO**
: UE regulamenta rede H2



SMARTENERGY

Leading the way in green hydrogen.



smartenergy.net



Green Hydrogen



Solar PV



Wind Power



14

NACIONAL

A importância de uma estratégia internacional para o biometano



22

EUROPA

Hidrogénio Verde e Biometano: um complemento chave à descarbonização industrial



34

TECNOLOGIA

Um processo para a integração de H2 na rede de gás natural

MARÇO ABRIL 2024

Nº 13

Editorial

4 Novos tempos?

Destaque

6 Lisbon Energy Summit & Exhibition 2024

8 HyChem: produtor de referência no mercado do hidrogénio verde

10 Transição energética, António Comprido, APETRO

11 Eficiência energética é a chave para a neutralidade carbónica, Nelson Lage, ADENE

12 Um olhar sobre o setor energético, João Torres, APE

Nacional

14 A importância de uma estratégia internacional para o biometano

18 Projeto H2 Seixal

20 MadoquaPower2X (MP2X) - Produzir hidrogénio e amoníaco em Sines

Europa

22 Hidrogénio Verde e Biometano: um complemento chave à descarbonização industrial

26 Estações de abastecimento de hidrogénio gasoso

Entrevista

28 José Aramburu Delgado, CEO da Cepsa Portugal

Tecnologia

32 Hellonext apresenta solução de hidrogénio AXON H2

34 Um processo para a integração de H2 na rede de gás natural

38 Armazenamento e transporte de hidrogénio em materiais orgânicos sem metais

Notícias

42 Atualidade no setor



Diretora
Judite Rodrigues

Diretor Adjunto
Miguel Boavida

Conselho Editorial
Alexandra Pinto, Carmen Rangel,
José Campos Rodrigues, Paulo Brito

Redação
David Espanca, Sofia Borges

Banco de Imagens
Getty Images

Estatuto Editorial disponível em www.bleed.pt

Editor de Fotografia
Sérgio Saavedra

Projeto Gráfico
Sara Henriques

Direção Comercial
Mário Raposo

Contacto para publicidade
mario.raposo@bleed.pt
Tel.: 217957045



Edição e Publicidade
www.bleed.pt

Parceria AP2H2
www.ap2h2.pt

Propriedade
Bleed, Sociedade Editorial e Organização de Eventos, Unipessoal, Lda.
NIPC 506768988

Sede do Editor, Administração e Redação
Bleed - Sociedade Editorial
Av. das Forças Armadas n.º4 - 8ºB
1600-082, Lisboa
Tel.: 217957045 info@bleed.pt

Administrador
Miguel Alberto Cardoso
da Cruz Boavida

Composição do Capital Social
100% Miguel Alberto Cardoso
da Cruz Boavida

Impressão
Grafisol, Lda
Rua das Maçarocas
Abrunheira Business Center, 3
2710-056 Sintra

Tiragem: 8.250 exemplares
N.º de Registo ERC: 127660
Depósito Legal: 492825/21

MENSAGEM DO PRESIDENTE

Novos tempos?



José Campos Rodrigues+

Entrou em funções o novo governo. Aguardamos os sinais claros das políticas e medidas para a transição energética, e, nomeadamente no que se refere à economia do Hidrogénio. A Ministra do Ambiente e da Energia tem créditos firmados nestas temáticas, pelo que é com alguma expectativa positiva que esperamos pelo seu plano de ação. O que se sabe é escasso, mas tem algum significado. Não podemos ignorar que o programa de governo para a área da Energia e Ambiente, não tem qualquer referência ao Hidrogénio enquanto vetor energético. Anuncia a revisão do PNEC 2030 no quadro de um novo referencial político, sobre o qual nada se diz. Declarações públicas da Ministra revelam já algumas linhas mestras do seu pensamento político na matéria, de que retemos a sua discordância com os grandes projetos, especialmente quando orientados para a exportação. A opção será, parece, o apoio à produção de H2 Verde para satisfação dos consumos internos (com especial ênfase na descarbonização da economia). Aguardemos pois a revisão do PNEC 2030 (os prazos obrigam) para termos indicações mais concretas sobre as intenções do governo e de qual será o novo referencial para os objetivos da política energética e quais poderão ser as alterações a introduzir na ENH2.

O tempo, porém, começa a escassear se se quiser cumprir os grandes objetivos enunciados para 2030 (maioritariamente são compromissos já assumidos no quadro da Comunidade) como, com grande oportunidade, o Eng.º Nuno Ribeiro da Silva alertou recentemente. Sendo realistas, haverá que recalendarizar os planos apresentados, mesmo que a decisão política não se venha a traduzir numa alteração significativa do quadro de referência do PNEC 2030.

Continuamos, pois, a aguardar as medidas do governo no apoio à economia do H2 Verde, de que destacamos, pelo seu simbolismo, para quando o anúncio do primeiro leilão nacional de H2 Verde e gases renováveis. Neste quadro de indefinição, é natural que os projetos se atrasem com os investidores a aguardar as clarificações políticas necessárias e urgentes.

Mesmo no quadro comunitário, vivemos numa fase de transição marcada pelas próximas eleições europeias. Aguardemos os resultados destas e seus possíveis impactos nas políticas comunitárias. No entanto, podemos desde já verificar que a transição energética não está a ser um dos temas principais de campanha, apesar dos episódios climáticos que se vão multiplicando por todo o globo. Por outro lado, a autonomia energética continua a ser um dos grandes desafios que a Comunidade enfrenta. Renováveis, apoiadas no H2 Verde são o *ticket* ganhador para se ultrapassar esta ameaça. Os próximos anos são decisivos para cumprir o Acordo de Paris. Teremos que estar vigilantes sobre os movimentos que pontualmente se desenham na defesa de uma perpetuação dos combustíveis fósseis.

Há, contudo, sinais de avanço que importa assinalar. O leilão piloto comunitário foi amplamente concorrido. Salientamos que dos sete projetos aprovados, cinco são da Península Ibérica, dos quais dois portugueses. Foi uma prova inequívoca da competitividade da Península na produção de H2 Verde. Um novo leilão está já anunciado, o qual esperamos possa manter um registo idêntico.

Merece igualmente destaque o sucesso da tecnologia nacional da PRF nas HRS (Rali Dakar, Le Mans, Jogos Olímpicos de Paris).

São exemplos de que a economia do Hidrogénio vai fazendo o seu caminho como vetor essencial à sustentabilidade energética! ●





DRHYVE

Portable hydrogen refuelling station



Plug-and-play, fully automated solution that comprises hydrogen storage, compression, control and dispensing in a 40 ft container.

Purchase and rental options

Move with us towards a **greener** future.



www.prf.pt

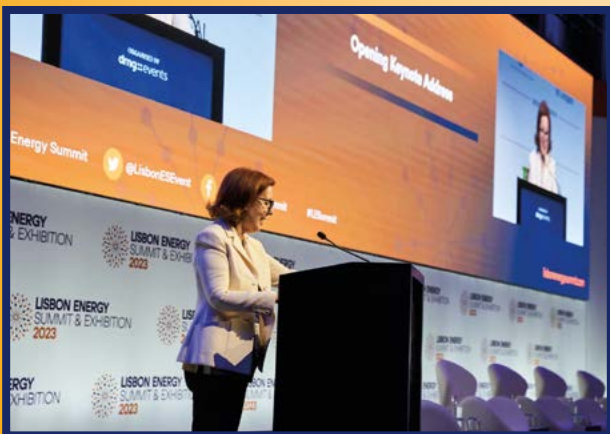
LISBON ENERGY SUMMIT & EXHIBITION 2024

Hidrogénio destaca-se em cimeira para a transição energética

A Cimeira e Exposição de Energia de Lisboa realiza-se na FIL, de 27 a 29 de maio de 2024, e conta com um amplo programa de conferências e uma mostra com as mais recentes inovações do setor energético. Maria da Graça Carvalho, Ministra do Ambiente e Energia, inaugura o evento, que conta com uma área específica dedicada ao hidrogénio.

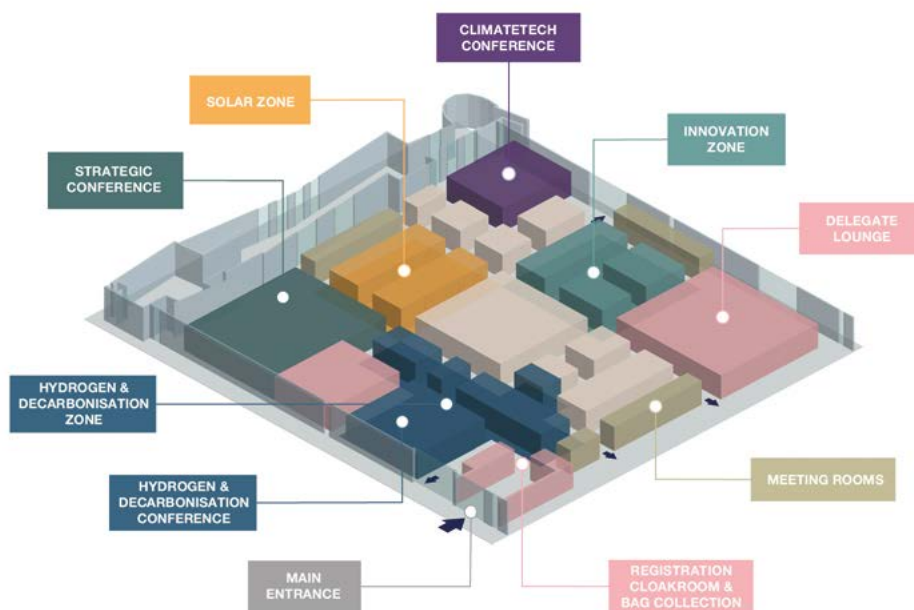
A Lisbon Energy Summit & Exhibition é o principal evento de transição energética que se realiza este ano na Europa e conta com 3.000 visitantes, mas de 150 expositores e delegados oriundos de mais de 90 países. Constitui uma eficaz plataforma para *insights*, transmissão de conhecimento e análises confiáveis para apoiar toda a cadeia global de valor de GNL, gás e energia na região europeia.

Esta segunda edição do evento realiza-se sob o lema “Criando hoje o sistema energético de amanhã” e reúne ministros, decisores políticos, promotores de projetos, investidores e inovadores, que participam numa conferência estratégica de alto nível ao longo de três dias. O objetivo é partilhar ideias sobre a transição do sistema energético da UE para um sistema baseado em energias renováveis em linha com as iniciativas REPowerEU. As diferentes zonas de hidrogénio e descarbonização, solar e de inovação da exposição apresentam os produtos e projetos que proporcionam um sistema de energia mais limpa e verde.



◀ Sessão da cimeira em 2023





▲ Planta do evento em 2024

O programa do evento também se encontra dividido em três vertentes com programas distintos: as Conferências Estratégicas, as palestras sobre Hidrogénio e Descarbonização e as análises sobre Tecnologia Climática, cobrindo toda a cadeia de valor energético nesta fase crucial da sua transição para as emissões líquidas zero. Podem destacar-se debates sobre o reforço da segurança energética da Europa e a descarbonização do seu aprovisionamento energético.

A voz dos especialistas

O entusiasmo em torno da cimeira está bem patente nos depoimentos dos oradores, como por exemplo, Maria Santa, Chefe de Projetos (BESS&H2), Iberia BayWa r.e, que afirma “estar radiante por me juntar à Cimeira da Energia de Lisboa para discutir o papel fundamental do armazenamento de energia na condução da transição energética na Europa, como uma oportunidade não só para alcançar os nossos objetivos líquidos zero, mas, mais importante ainda, para relançar o crescimento e o bem-estar energético da UE”.

David Carracosa, COO, Saitec Offshore Industries, também revela entusiasmo por participar na cimeira, “uma vez que Portugal se está a tornar num mercado crítico na indústria eólica *offshore* flutuante. Na Saitec Offshore, estamos a investir estrategicamente em tecnologia de ponta e a melhorar as instalações portuárias para nos estabelecermos como um interveniente-chave na região”.

Por seu turno, Jobst von Hoyningen-Huene, CEO, econnext AG, declara “estar ansioso por falar na Cimeira de Energia de Lisboa 2024, pois esta é uma grande oportunidade para mostrar as nossas soluções tecnológicas climáticas escaláveis. A redução de custos e a previsibilidade são de grande importância para os clientes industriais que desejam descarbonizar.” ●

DESCARBONIZAR A INDÚSTRIA E OS TRANSPORTES

HyChem: produtor de referência no mercado do hidrogénio verde

A HyChem, empresa portuguesa especializada na produção de hidrogénio verde e clorato de sódio, posiciona-se como parceiro estratégico na transição da Indústria e dos Transportes para a neutralidade carbónica.



Manuel Gil Antunes⁺

Sob a assinatura “A energia está em nós”, que reflete a sua natureza eletrointensiva e a sua dinâmica de mudança, a HyChem integra fontes de energia renovável, práticas de economia circular e soluções inovadoras de sustentabilidade baseadas na utilização de H2 e de biotecnologia. Referência nacional no setor químico, a HyChem mergulha as suas raízes numa memória de 90 anos (a partir da constituição da Soda Póvoa), tendo operado sob a firma Solvay Portugal até 2021, quando foi adquirida pela Algora, *holding* constituída pelos grupos portugueses A4F Algae for Future

e Green Aqua.

A HyChem relaciona-se com a produção e a utilização de H2, via eletrólise, desde 1939. É, por conseguinte, uma das pioneiras no H2 em Portugal, e reúne conhecimento e experiência na fabricação, compressão, armazenagem, fornecimento e utilização de hidrogénio para diferentes aplicações industriais, incluindo como vetor energético.

H2 verde disponível já hoje

A HyChem dispõe de uma capacidade de produção de H2 de 1.700 t/ano, que prevê aumentar para 2.400 t/ano até ao final de 2025, por via de novos investimentos, em que releva o projeto H2Hub, apoiado pelo PRR. Parte desse H2 é, já hoje, verde, fruto do forte investimento na produção de energia renovável para autoconsumo (2MW já em operação e mais 12 MW em instalação até final de 2025).

O plano de descarbonização da empresa, HyChemLowC, também apoiado pelo PRR, permitirá certificar como verde a totalidade da produção de H2 até final de 2025.

Novas soluções tecnológicas

Em 2023, a HyChem e a TecnoVeritas (tecnológica portuguesa) criaram a HyVeritas - *joint venture* para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas de produção, armazenamento e utilização de H2 verde, com enfoque nas aplicações para o transporte marítimo e terrestre pesado de mercadorias. As atividades da HyVeritas centram-se no desenvolvimento de um novo eletrolisador de tecnologia alcalina, com capacidade de até 1 MW; uma nova solução de armazenamento e transporte de H2, com recurso à tecnologia LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier); e um *Kit* de conversão de motores de combustão marítimos, para a utilização de H2 como combustível, em parceria com a Mitsubishi.

Hub para as tecnologias de H2

Beneficiando de condições únicas, o parque industrial da HyChem (40 ha), na Póvoa de Santa Iria, está licenciado para a produção, compressão, armazenagem e utilização industrial de H2 e integra soluções de biotecnologia (ALGATEC Eco Business Park) que permitem o tratamento e recirculação de *side streams* industriais, num exemplo vivo de economia circular à escala industrial. Exemplo do impacto deste conceito na reindustrialização



▲ Instalação de Hidrogénio

sustentável da região é a instalação de três novas unidades industriais: uma para a produção de biomassa (a operar desde 2022), outra para formulação de produtos para ingredientes alimentares (arranque em maio de 2024) e a terceira para produção de ingredientes para rações de aquacultura (arranque no 4.º trimestre de 2024), as duas últimas com amplo recurso ao H2 verde como matéria-prima. O investimento total nestas três unidades industriais é superior a 60 M€.

Posto de abastecimento de H2 para breve

A HyChem adjudicou recentemente a instalação de um posto de abastecimento de H2 verde para veículos pesados e ligeiros, cujo início de operação deverá acontecer até final de 2024. A instalação visa servir dois parceiros empresariais do setor da mobilidade e permitir o arranque, no 2.º semestre de 2025, de uma frota logística própria, movida a H2, potenciando a disponibilidade do recurso para autoconsumo.

Renoeste e o potencial das minas de salgema

Em janeiro último, a HyChem fechou com a Bondalti a aquisição da Renoeste, empresa concessionária da mina de salgema do Carricho, onde foram construídas as cavernas que hoje armazenam a reserva estratégica de gás natural.

A HyChem acredita no potencial das formações geológicas de salgema para o armazenamento de gases renováveis e CO2, designadamente no contexto do desenvolvimento de *e-fuels* e SAF (combustíveis sustentáveis para a aviação).

Em conjunto com a mina de salgema de Matacães (Torres Vedras), de que é concessionária há décadas, os ativos de salgema da HyChem potenciam a empresa como líder nacional na produção de sal industrial e *player* incontornável para soluções de armazenamento de grandes volumes de gases renováveis. Para concretizar esse potencial, a empresa promove o projeto de inovação produtiva InovSal, para a extração, depuração e cristalização de sal para aplicações industriais, a aguardar aprovação no âmbito do P2030.

A Hychem e outras empresas instaladas no parque industrial de Póvoa de Santa Iria integram também o consórcio europeu promotor do projeto CAPTUS, financiado pela UE, destinado ao desenvolvimento e demonstração de uma tecnologia para a captura, separação e purificação de CO2 a partir dos gases de escape das suas caldeiras a gás natural.

BioCluster: Economia Circular, Desenvolvimento Sustentável

Em colaboração com as câmaras



municipais de Vila Franca de Xira e de Loures, o parque industrial da HyChem posiciona-se como um *living lab* e ponto de partida de uma grande iniciativa de desenvolvimento regional - o BioCluster, cujos eixos de captura e utilização de CO2 e comunidades de energia renovável (incluindo energia elétrica de origem fotovoltaica e eólica, H2, biogás e biometano) têm o potencial de fazer da linha Sacavém/Carregado um verdadeiro *Green Energy Valley*. A HyChem acredita que Portugal pode assumir um papel liderante à escala europeia, se conseguir transformar em fator de competitividade as condições naturais para a produção e autoconsumo de energias renováveis, incluindo o H2 verde, sendo certo que as indústrias eletrointensivas enfrentam enormes desafios de transformação, face ao aumento significativo dos seus custos de acesso ao sistema elétrico, os quais urge limitar. ●



▲ H2 Verde



Transição energética

António Comprido⁺

A mudança de paradigma energético em que as fontes de energia de origem renovável vão ganhando preponderância é uma realidade evidente, que resulta quer de imposições legislativas e de acordos internacionais, em que se incluem as COP, quer do natural desenvolvimento tecnológico.

A redução das emissões de gases com efeito de estufa, face ao impacto que isso tem nas alterações climáticas, é um objetivo de que muito poucos discordarão. E face à urgência em se avançar de forma sustentável, devem aproveitar-se, sem exclusões à partida, todas as soluções tecnológicas que a economia vem disponibilizando, garantindo a sua sustentabilidade nos seus vários pilares: ambiental (e não apenas a redução das emissões), social e económico.

Infelizmente não é, em nossa opinião, o caminho que vem sendo seguido em muitos atos legislativos, principalmente na

União Europeia e a nível nacional. Sem quaisquer juízos de valor, cito apenas dois: a questão da proposta proibição da utilização de motores de combustão interna nos transportes rodoviários, e a não discussão da opção nuclear para a produção de eletricidade. Até há bem pouco tempo também a “Captura, sequestro e/ou utilização do CO₂ (CCUS)” era desconsiderada, e a própria cadeia de valor do hidrogénio e dos gases renováveis só recentemente começou a receber a atenção dos decisores políticos e legisladores.

Sem pôr em causa a eletrificação progressiva da economia, que nos parece fazer todo o sentido, à medida que conseguirmos que a geração de eletricidade possa ser fundamentalmente produzida por fontes renováveis, outros vetores energéticos têm de ser considerados. Estão neste caso os combustíveis de baixo carbono que são uma solução para a substituição progressiva dos combustíveis de origem fóssil, nomeadamente no setor dos transportes. E a palavra-chave é mesmo “progressiva”, evitando disrupções com consequências imprevisíveis ao nível social e económico e, nalguns aspetos, até ambiental. A possibilidade de utilização dos meios de produção, armazenagem, distribuição e

comercialização e utilização, tem ainda a vantagem de minimizar os investimentos necessários, acelerar a transição e possibilitar que todos sintam que estão a participar nesta jornada, não sentindo que estão a ser “deixados para trás”. O parque automóvel ligeiro e pesado, os transportes aéreos e marítimos em circulação, podem continuar a ser usados evitando ativos inertes com peso excessivo na economia. A disponibilização de misturas ricas de biocombustíveis sustentáveis e de combustíveis 100% renováveis, caso do HVO, para o transporte rodoviário, é já hoje uma realidade em Portugal, tal como o fornecimento de SAF (*Sustainable Aviation Fuels*), em paralelo com a instalação de pontos de carregamento nos tradicionais postos de abastecimento.

Para além das vantagens acima referidas, há outro aspeto que nos dois últimos anos adquiriu particular relevância, a segurança do abastecimento. A diversificação do cabaz energético e a possibilidade de utilização de matérias-primas endógenas na produção dos combustíveis de baixo carbono de origem biológica e/ou dos combustíveis sintéticos, podem ser um forte contributo para a almejada segurança. E não menos relevante é o contributo que dão para a economia circular, promovendo a utilização de resíduos, com vantagens claras para o ambiente.

Conseguida a consciencialização sobre a emergência climática, é tempo de refletir sobre os caminhos para alcançar as metas estabelecidas para a redução de emissões, cuidando simultaneamente das restantes dimensões. ●



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Eficiência energética é a chave para a neutralidade carbónica

Nelson Lage⁺

A crise energética e climática exige ações urgentes que passam por acelerar a transição energética global, reduzir as emissões de gases com efeito estufa e mitigar os impactos das alterações climáticas. Este é um desafio gigante que obriga a implementar medidas que reduzam o consumo de energia e melhorem a eficiência energética.

Eficiência é a palavra-chave para um futuro verde e sustentável, e por isso, a Comissão Europeia lançou a Coligação Europeia para o Financiamento da Eficiência Energética, com o objetivo de estudar formas acelerar o investimento privado na eficiência energética, cumprindo os objetivos definidos no Pacto Ecológico Europeu que visa atingir a neutralidade no espaço europeu até 2050.

Portugal tem sido um país exemplar no desenvolvimento das energias renováveis e o país está hoje em condições de antecipar de 2050 para 2045 a meta da neutralidade carbónica. 2024 é já um ano que vai ficar na história. Segundo os últimos dados da REN, em abril, as energias renováveis foram responsáveis pelo abastecimento de 94,9% do consumo, aproximando-se dos 95,4% atingidos em maio de 1978,

ou seja, há 46 anos que a produção de energias renováveis não tinha tanto peso no abastecimento do consumo de energia elétrica em Portugal.

Ainda segundo a REN, abril não foi um mês isolado no aumento das renováveis, já que este foi o quarto mês consecutivo com valores acima dos 80% (91% em março, 88% em fevereiro e 81% em janeiro).

A crescente aposta nas energias renováveis está a gerar resultados concretos na balança comercial do país. Em 2023, o saldo importador de produtos energéticos foi de 6,8 mil milhões de euros, representando uma redução de 41,9% em euros, face a 2022. Esta melhoria significativa do saldo importador, resulta do balanço do valor dos produtos energéticos importados que caiu 33,7% e do valor dos produtos energéticos exportados que diminuíram em cerca de 18,6% em euros, reflexo da transição para um sistema energético mais verde e autossuficiente.

Enquanto os benefícios da energia renovável se tornam cada vez mais evidentes, um tema crucial, porém muitas vezes negligenciado, emerge para discussão. Falo do mercado de minerais, uma área, essencial para a transição energética. Dados da Agência Internacional de Energia, indicam que, nos últimos cinco anos, a procura por estes minerais duplicou, sendo previsível que venham a aumentar significativamente nas próximas décadas, à medida que o mundo caminha para a descarbonização.

Muitos não sabem, mas Portugal possui uma enorme variedade de recursos minerais como lítio, cobre, feldspato, estanho, zinco e mármore, assim como volfrâmio e ouro e, muitos destes minerais, são usados em baterias, painéis solares, turbinas eólicas e carros elétricos.

No entanto, a extração e o processamento destes minerais pode ter impactos ambientais e sociais negativos. O recente interesse pela exploração de lítio em Portugal, levou algumas comunidades locais a oporem-se à mineração de lítio. É, por isso, importante garantir que o mercado de minerais se faça de forma sustentável e responsável.

Este é um tema complexo e desafiador, mas que deve ser discutido, tendo em conta que é urgente uma maior sintonia entre o desenvolvimento e o ambiente, tendo o setor público e privado a responsabilidade de identificar soluções conjuntas para os desafios deste importante setor, que tem de se adaptar às alterações climáticas e promover práticas mais sustentáveis. ●




Presidente da ADENE



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DA ENERGIA

Um olhar sobre o setor energético

João Torres 

Portugal tem sido direcionado para impulsionar significativamente o uso de energias renováveis na sua matriz energética. O país está a progredir, não apenas para garantir a segurança energética e equidade no acesso à energia, mas também para promover, de forma proativa, a sustentabilidade ambiental, balanceando assim o trilema energético nacional.

O mercado energético português tem acompanhado esse movimento em direção às energias renováveis. Com um investimento em infraestruturas e tecnologias verdes, Portugal tem registado um aumento constante na participação das renováveis na sua matriz energética. A crescente integração de energia solar e eólica tem contribuído não apenas para diversificar a oferta energética, mas também para reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa e mitigar os impactos ambientais associados à produção e ao uso da energia. Esta transição para uma matriz mais sustentável tem sido impulsionada por políticas governamentais, incentivos financeiros e um forte compromisso por parte das empresas e da sociedade civil.

Através dos seus eixos como *networker*, *opinion maker* e *talent shaper*, a Associação Portuguesa da Energia (APE) tem desempenhado um papel significativo, promovendo iniciativas que fomentam o

conhecimento e a colaboração no setor energético, mas também impulsionam a transição energética de forma sustentável.

A APE, representante portuguesa no World Energy Council, esteve presente recentemente no World Energy Congress 2024, com uma representação numerosa, a que se juntaram empresas e instituições nacionais, tornando a Comitativa Portuguesa numa das mais representativas.

A Associação tem promovido diversos seminários, que são eventos dedicados a temas específicos, reunindo públicos especializados para aprofundar discussões sobre questões cruciais.

Destaca-se, por exemplo, o recente seminário sobre Biometano e as perspetivas para Portugal, que se realizou em Coimbra e contou com mais de 120 participantes.

Destacam-se, ainda, os APE Executive Talks, eventos de caráter mais restrito que apresentam oradores convidados discutindo temas relacionados com a transição energética. Estes eventos proporcionam um ambiente propício para troca de ideias e *networking* entre os participantes. Paralelamente, os debates ao final da tarde, restritos a associados e convidados, oferecem uma oportunidade única para explorar tópicos relevantes num ambiente mais informal.

O programa AMEG - Advanced Management on Energy, em parceria com a AESE, oferece formação avançada para quadros superiores, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da cadeia de valor, políticas e regulamentações energéticas.

No que diz respeito ao desenvolvimento de talentos, a APE promove iniciativas como o Future Energy Leaders Portugal, que reúne jovens profissionais até aos 35 anos para partilha de experiências e desenvolvimento de capacidades. A recente Cohort 2024 conta com 38 membros, destacando o crescente interesse e envolvimento dos jovens no setor energético. Para além deste programa, a iniciativa Mulheres na Energia visa promover a equidade de género e a representatividade das mulheres nas empresas do setor, contando atualmente com mais de 300 inscritas.

Uma das principais iniciativas da APE é a Portugal Energy Conference, um evento marcante no calendário energético português. Com a próxima edição já agendada para o dia 5 de dezembro de 2024, esta conferência reúne líderes do setor, especialistas e académicos para discutir os desafios e oportunidades emergentes.

Com iniciativas inovadoras e colaborativas, a Associação Portuguesa da Energia continua a promover o debate num cenário global em constante evolução. ●



Presidente da APE

UM FUTURO A TODO O VAPOR DE ÁGUA

A Iberdrola aposta no **hidrogénio verde**, uma fonte de energia limpa que só emite vapor de água, para reduzir as emissões de CO₂ e cuidar do planeta.



Saiba o que estamos a fazer para sermos líderes mundiais na produção de hidrogénio verde.



IBERDROLA

ENERGIA

A importância de uma estratégia internacional para o biometano



Maria Teresa Ponce de Leão+

O biometano, um biogás purificado (retirado o CO₂ e as impurezas) que partilha qualidades com o gás natural, representa uma oportunidade significativa para fazer avançar a sustentabilidade energética e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. Produzido principalmente por digestão anaeróbia de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, urbanos ou lamas de depuração, o biometano pode ser utilizado para

gerar eletricidade, aquecer edifícios e como combustível para veículos. Neste contexto, torna-se imperativa uma estratégia internacional coordenada para maximizar os seus benefícios ambientais, económicos e sociais.

Na versão anterior vimos que o “Plano de Ação para o Biometano” (PAB) apresenta um conjunto de medidas que visam assegurar um quadro regulamentar favorável e um conjunto de políticas públicas que apoiem a criação de um mercado interno do biometano e relacionar o potencial de produção com o consumo. A estratégia prevê assim duas fases, uma que tem como objectivo a criação de um mercado e uma segunda que tem como objectivo o reforço e consolidação do mercado deste gás renovável. Adicionalmente, o PAB

inclui um eixo complementar, que será transversal ao aproveitamento do biometano a nível nacional, que tem por objectivo garantir a sustentabilidade.

A RCM n.º 41/2024, aprova o PAB 2024-2040 com o objectivo de promover o mercado do biometano em Portugal e assim reduzir importações de gás natural utilizado nos sectores industriais e doméstico, descarbonizar a economia nacional e atrair novas indústrias verdes, impulsionando a transição para uma economia neutra em carbono, gerando emprego, promovendo a coesão territorial e potenciando um crescimento económico sustentado. Esta Resolução cria um grupo de acompanhamento do PAB, coordenado pelo LNEG.

Mas porque precisamos de um plano?

Trata-se de um vector energético fundamental na luta contra as alterações climáticas, oferecendo uma solução de baixo carbono para vários sectores. Ao substituir os combustíveis fósseis, contribui significativamente para a redução das emissões de gases com efeito de estufa. Para além disso, ao valorizar os resíduos orgânicos, promove a economia circular, reduzindo o desperdício e melhorando a eficiência da utilização dos recursos naturais.

Os planos nacionais para o biometano desempenham um papel crucial no desenvolvimento e na implementação de uma economia mais sustentável e resiliente:

- É produzido a partir da decomposição de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, de alimentos ou de efluentes. Como resultado, a sua produção e uso podem reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa em comparação com combustíveis fósseis. Os planos nacionais para



o biometano estabelecem metas e estratégias para aumentar sua produção e utilização, contribuindo assim para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

- Os planos nacionais para o biometano geralmente fazem parte de uma estratégia mais ampla de diversificação da matriz energética de um país de uma forma integrada. A dependência excessiva de combustíveis fósseis pode tornar uma economia vulnerável a flutuações nos preços dos combustíveis e às incertezas geopolíticas. A incorporação do biometano como uma fonte de energia renovável pode reduzir essa dependência e aumentar a segurança energética de um país.
- Sendo produzido a partir de resíduos orgânicos, significa que pode desempenhar um papel importante na promoção da economia circular, evitando a deposição em aterro e reduzindo os efeitos negativos sobre o ambiente, são convertidos em uma fonte valiosa de energia. Os PNB podem incluir medidas para promover a colecta selectiva de resíduos orgânicos e o desenvolvimento de infraestrutura para a sua transformação em biometano.
- O desenvolvimento da cadeia de valor do biometano, desde a recolha de resíduos até à produção e distribuição de biogás, cria oportunidades de emprego numa variedade de sectores, incluindo a agricultura, a tecnologia, a engenharia e a logística. Além disso, os planos nacionais para o biometano podem estimular a inovação tecnológica e a investigação em áreas como processos de produção mais eficientes, armazenamento de energia e desenvolvimento de novas aplicações, como por exemplo, tirando partido das oportunidades que a digitalização e em particular a Inteligência Artificial nos oferecem.
- Muitos países estabelecem metas ambiciosas relacionadas com a redução das emissões de gases de efeito estufa, aumento da participação de energias renováveis na matriz energética e melhoria da gestão de resíduos. Os planos nacionais para o biometano são



aiimagegenerator.is



A RCM n.º 41/2024, aprova o PAB 2024-2040 com o objectivo de promover o mercado do biometano em Portugal

uma ferramenta importante para ajudar os países a cumprir essas metas que podem variar de acordo com as políticas e compromissos de diferentes países e organizações. No entanto, geralmente, as metas são estabelecidas para diferentes sectores que são grandes emissores de metano. Seguem-se alguns exemplos de sectores e as metas que são frequentemente estabelecidas para reduzir as emissões de metano.

Sectores que podem contribuir para a redução de emissões

No sector da energia desde a produção, transporte e distribuição de combustíveis fósseis, bem como a produção e uso de biogás e biometano. As metas neste sector podem incluir a redução das emissões de metano em operações

de exploração de petróleo e gás, a promoção de práticas mais eficientes na produção de biogás e biometano, e o aumento da participação de biocombustíveis renováveis na matriz energética.

Na agricultura, com grande contributo para as emissões de metano devido à fermentação entérica de animais ruminantes, como vacas e o manuseamento de estrume, as metas neste sector podem incluir a adopção de práticas agrícolas mais sustentáveis, como o uso de dietas de baixo carbono para o gado, o tratamento anaeróbio de resíduos animais para produção de biogás e a gestão eficiente do estrume.

A decomposição de resíduos orgânicos em aterros é uma importante fonte de emissões de metano. As metas neste sector ►



O biometano é parte da solução para a transição energética e contribui para reduzir uma parte importante das emissões poluentes

podem incluir a redução da quantidade de resíduos orgânicos enviados para aterros, o aumento da colecta selectiva de resíduos orgânicos para compostagem ou produção de biogás, e a captura e utilização do metano gerado em aterros.

A produção, transporte e distribuição de petróleo e gás natural são fontes significativas de emissões de metano devido a vazamentos e emissões intencionais durante as operações. As metas neste sector podem incluir a redução das emissões de fugitivas durante a produção e transporte de petróleo e gás, a implantação de tecnologias de detecção e reparação de vazamentos, e a adoção de práticas de gestão de emissões em instalações de armazenamento e distribuição. Além dos sectores mencionados, há outras fontes de emissões de metano, como a mineração de

carvão, a indústria de alimentos e a produção de papel.

Metas específicas podem ser estabelecidas para esses sectores para reduzir as emissões de metano por meio de práticas mais sustentáveis e tecnologias de controlo de emissões.

As metas para a redução das emissões de metano podem variar em termos de objectivo e ambição, mas geralmente visam contribuir para os esforços globais de combate às mudanças climáticas e à redução da poluição do ar.

Desafios

Embora o potencial do biometano seja vasto, a sua adopção enfrenta desafios. Tecnicamente, a produção de biometano requer investimento em tecnologias de purificação e infraestruturas de distribuição. Do ponto de vista económico, os custos iniciais podem ser elevados,

necessitando de políticas de apoio e incentivos. As incoerências regulamentares entre as diferentes jurisdições podem também impedir o desenvolvimento do sector. No entanto, estas barreiras também representam oportunidades para a inovação, o desenvolvimento tecnológico e a cooperação internacional para estabelecer normas e incentivos compatíveis.

Colaborar para atingir melhores resultados

Vários países implementaram políticas de sucesso que podem servir de modelo. Na Europa, por exemplo, a Alemanha e a França lideraram o desenvolvimento de tecnologias de biometano e a criação de um ambiente regulatório favorável. Estes casos destacam a importância dos incentivos financeiros, como as tarifas de alimentação para o biogás e o biometano, e um quadro regulamentar claro.

A colaboração internacional é vital para superar os desafios enfrentados pelo sector do biometano. Uma estratégia coordenada pode facilitar a harmonização de padrões técnicos e regulatórios, promovendo eficiência e reduzindo custos.

Além disso, a partilha de boas práticas e tecnologias entre países pode acelerar a adopção do biometano.

As estratégias internacionais podem também desempenhar um papel crucial na mobilização de investimentos, tanto públicos como privados, para infraestruturas e investigação e desenvolvimento.

Conclusão

O biometano é parte da solução para a transição energética e contribui para reduzir uma parte importante das emissões poluentes que se cifram em mais de 20% do total das emissões. É no entanto necessário trabalho do sistema científico para que esta importante solução seja um pilar importante na descarbonização face aos desafios climáticos globais. ●



Presidente do Conselho Diretivo do LNEG

Notas:

A autora não segue o atual acordo ortográfico. As imagens deste artigo foram geradas através de IA.



Madoqua Power2X

Green hydrogen & ammonia project

SINES

ALENTEJO

PORTUGAL

Green hydrogen and Renewable Ammonia Production



Renewable Energy Sourcing



“The project will make a significant contribution to realize the ambitions of the Portuguese National Hydrogen Strategy and deliver critical green ammonia for European buyers”

PROJECT HIGHLIGHTS

500 MW

H₂ electrolysis capacity

€1.3B+

project investment

400+ ktpa

CO₂ avoided

300 ktpa

ammonia envisioned

100+

jobs created

PROJECT PARTNERS



POWER2X
LEADING IN ENERGY



Copenhagen Infrastructure Partners

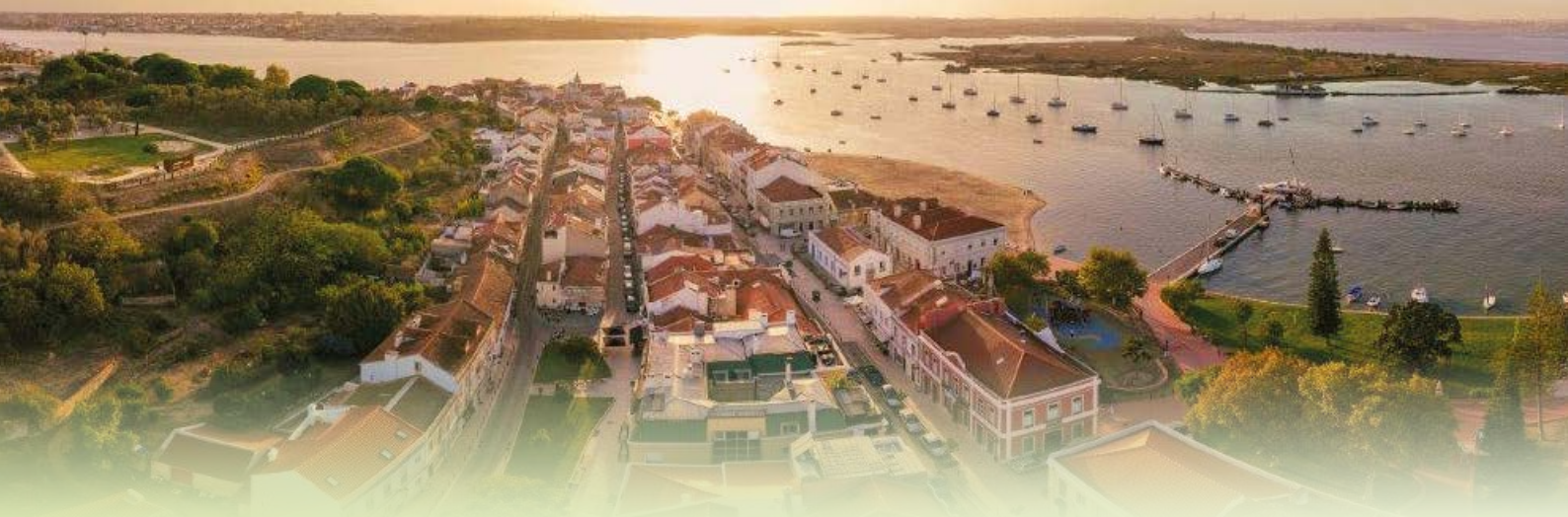
MadoquaPower2X S.A.

Edifício ZILS (Centro de Negócios)

Zona Industrial e Logística de Sines

Monte Felo 7520 – 064 – Sines, Alentejo, Portugal

info@madoquaventures.com



H2 SEIXAL

Projeto para produção de hidrogénio verde



Paulo Silva,
Presidente da Câmara
Municipal do Seixal

A Câmara Municipal do Seixal, consciente da importância da aposta nas energias renováveis, está a desenvolver um projeto de produção de hidrogénio verde a partir de fontes de energia 100% renováveis, com a empresa Gestene - Electricidade Industrial, Lda.

O projeto, designado como H2 Seixal - Central de Produção de Hidrogénio Verde, aposta nas três tecnologias principais de utilização desta fonte de energia, nomeadamente:

- Tecnologia *gas-to-gas*;
- Setor da Mobilidade;
- Tecnologia *gas-to-power*;

Este projeto envolve um investimento de 29 milhões de euros e faz parte de uma candidatura apresentada ao Fundo Ambiental, que foi recentemente aprovada.

A principal funcionalidade deste projeto é a produção de hidrogénio verde para injeção na rede de gás natural, uso no setor da mobilidade e para a tecnologia *gas-to-*

power, bem como o aproveitamento do oxigénio que se pretende comercializar a entidades da especialidade.

A produção diária de hidrogénio e oxigénio será armazenada em tanques concebidos para esse efeito. Após armazenado, uma das possíveis aplicações do hidrogénio é a sua utilização para sistemas de *backup* de energia, com recurso a pilhas de combustível, que serão um complemento do tradicional gerador a *diesel* para compensar eventuais falhas no abastecimento elétrico. Este tipo de sistema adequa-se a serviços críticos, tais como servidores, *data centers*, entre outros.

O sistema será também dotado de uma segunda saída, após o tanque de armazenamento, para uma ligação à rede de distribuição de gás natural que se encontra relativamente próxima das instalações da unidade de produção. Este projeto é articulado com a FLOENE, o ORD - Operador de Rede de Distribuição.

Tendo como objetivo a produção de hidrogénio verde, ou seja, proveniente de fontes de energia renovável, optou-se pela instalação de um sistema solar fotovoltaico com 9,6 MW de potência. Todo o sistema de painéis solares será instalado em terrenos propriedade da Câmara Municipal do Seixal.

“A Câmara Municipal do Seixal abraçou desde a primeira hora este projeto que se constituiu como mais uma componente do trabalho já realizado pelo Município na área da preservação ambiental e da diminuição da pegada ecológica”, salienta Paulo Silva, Presidente da Câmara Municipal do Seixal.

De referir que, no concelho do Seixal, são vários os projetos da marca Seixal On que contribuem para a melhoria ambiental, com destaque para as áreas de recolha de resíduos e biorresíduos, nomeadamente o projeto “Recolher Porta a Porta para Valorizar” e a implementação da recolha seletiva de biorresíduos nas zonas do concelho que já têm recolha porta a porta, assim como a gestão integrada da recolha de resíduos com o sistema 360 Waste que permite a recolha de dados em tempo real através de tecnologia inovadora e que fornece orientações para uma execução precisa, melhorando o serviço e poupando recursos.

Exemplos são também a iluminação pública em LED, o transporte de passageiros em veículos elétricos ou a disseminação de postos de carregamento elétrico, entre outros.

Refira-se que o Seixal On é uma marca que agrega um conjunto de ideias e projetos inovadores, assentes em soluções tecnológicas promotoras do conhecimento nas áreas do ambiente, biodiversidade, mobilidade, energia, descarbonização, qualidade do ar e alterações climáticas, tendo como principal objetivo a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. ●



seixal on

Rede de parceiros para a inovação | Novas tecnologias e equipamentos
Eficiência energética | Recursos renováveis



MADOQUAPOWER2X (MP2X)

Produzir hidrogénio e amoníaco em Sines

A MadoquaPower2X (MP2X) está localizada na Zona Industrial e Logística de Sines, Portugal, e é uma instalação Power-to-X que produzirá hidrogénio verde e amoníaco, principalmente para transporte marítimo.

A MP2X irá desenvolver um projeto integrado para produzir hidrogénio e amoníaco RFNBO. A MP2X é constituída por um consórcio de intervenientes altamente experientes: Madoqua Renewables Holding, Copenhagen Infrastructure Partners (CIP) e Power2X.

O projeto está dividido em duas fases, com uma capacidade inicial de eletrolisador de 500 MW, seguida da Fase 2, que procurará implantar mais 700 MW de capacidade de eletrolisador, elevando a capacidade total para 1,2 GW.

O projeto, com início de produção previsto para 2028, inicialmente utilizará uma ligação à rede de 560 MVA para produzir anualmente 51.000 toneladas de hidrogénio e 300.000 toneladas de amoníaco verde, utilizando energias renováveis, com um portefólio de 2.6 GW de energia solar e eólica em Portugal, que está a ser desenvolvido em paralelo.

Com recurso a energias renováveis, estamos a reimaginizar o futuro do consumo energético sustentável num compromisso com a gestão ambiental local e a conservação da fauna e flora. A estratégia

de fornecimento de energia da MP2X baseia-se nas seguintes prioridades:

1. Projetos de energias renováveis (“ER”) desenvolvidos internamente (Solar PV e Eólica *Onshore*);
2. PPAs com terceiros de energia renovável e casas comerciais;
3. Compras de energia renovável no mercado à vista quando a penetração da energia renovável na rede for maior que 90% e numa quantidade muito limitada em períodos em que não há energia renovável disponível e o eletrolisador está em *hot-standby* (ca. 0,07%).

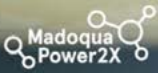
Incluindo a segunda fase, o projeto utilizará uma ligação à rede de 1400 MVA para produzir um total de 150.000 toneladas de hidrogénio e mais de 1 milhão de toneladas de amoníaco verde por ano. MP2X é e continuará a ser um impulsionador direto de outros investimentos nacionais na cadeia de valor da produção de hidrogénio em Sines, com parcerias técnicas e comerciais para a compra de hidrogénio produzido por terceiros.

O consórcio recebeu o estatuto de Projeto de Interesse Nacional (PIN) do Governo português em julho de 2022.

Recentes *highlights* do projeto incluem:

- Seleção da tecnologia de amoníaco verde K-GreenN[®], da empresa americana KBR;
- Comunicação do novo plano estratégico para a





segunda fase de desenvolvimento do projeto, com um aumento de investimento de €1.300 mil milhões para €2.800 mil milhões para as unidades de produção;

- Renovação do compromisso contínuo em Portugal através da realização de escrituras de constituição de direito de superfície de mais 60 hectares de terrenos industriais na ZILS, gerida pela aicep Global Parques;
- Obtenção do maior prémio na primeira edição do leilão de European Hydrogen Bank, atribuído pela União Europeia, recebendo um prémio fixo de €0,48/kgH₂ durante um período de dez anos, num total previsto de €245 mil milhões.

Mais do que sobre a produção de hidrogénio e amoníaco verdes, este projeto é sobre a garantia de um futuro consciente, posicionando Sines como um líder de inovação no campo da energia sustentável.

MadoquaPower2X contribuirá para o aumento da escala de combustíveis mais limpos, rumo à descarbonização da indústria europeia, gerando crescimento económico com uma atividade económica classificada como sustentável de acordo com a última taxonomia da UE. É um passo significativo em direção a um futuro de *zero carbon*, exemplificando a liderança da indústria na responsabilidade ambiental. A energia verde é um compromisso com a vida. ●

Madoqua Renewables Holding

Empresa luso-holandesa de desenvolvimento de projetos de descarbonização baseados na tecnologia Power-2-X para produção de produtos químicos e gases verdes. A Madoqua tem a liderança no fornecimento de energia, ambiente e licenciamento, EPC e PMO no projeto MP2X.

Copenhagen Infrastructure Partners (CIP)

Empresa dinamarquesa, sendo a maior gestora de fundos do mundo dedicado a investimentos de raiz em energias renováveis e líder mundial em energia eólica *offshore*. A CIP gere nove fundos e tem cerca de 28 mil milhões de euros de ativos, sob gestão, centrados em investimentos em infra-estruturas energéticas. No projeto, a CIP está encarregue do *oftaking*, *business case modelling*, suporte no fornecimento de energia e assessoria de *procurement*.

Power2X

É uma empresa que desenvolve e investe em novos ativos e infraestruturas energéticas de grande escala, centrando-se na descarbonização das cadeias de valor industriais e dos transportes pesados, em colaboração com empresas industriais de todo o mundo. A empresa está centrada no hidrogénio limpo e derivados, incluindo amoníaco, metanol e SAF, com uma carteira diversificada de projectos que, inicialmente, dão prioridade à procura europeia. Para projectos seleccionados, a Power2X pode também atuar como consultor, apoiando terceiros no desenvolvimento de projectos. Em 2023, o Canadian Pension Plan Investment Board e a Power2X celebraram uma parceria de investimento a longo prazo com o objetivo de promover o papel de liderança da Power2X na transição global para a energia limpa.

INDÚSTRIA

Hidrogénio Verde e Biometano: um complemento chave à descarbonização industrial



Nuno Delgado Pinto+



Manuel Ferreira+

Os objetivos de descarbonização estão traçados pelas metas europeias e nacionais de redução de gases com efeitos de estufa.

O Pacto Ecológico Europeu traça um pacote de iniciativas estratégicas que visa colocar a União Europeia rumo a uma transição ecológica, com o objetivo último de alcançar a neutralidade climática até 2050. Incluídas neste Pacto estão iniciativas como o pacote Objetivo 55, que visa traduzir em legislação as ambições climáticas do Pacto Ecológico.

Em Portugal, alinhado com o Pacto Ecológico Europeu, as nossas metas estão estabelecidas no Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050 (RNC 2050), que inclui o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030), onde estão vertidas várias medidas para alcançar as metas de redução de emissões de gases com efeito de estufa e acauteladas iniciativas que conduzam Portugal a uma maior autonomia e segurança energéticas.

Salientamos, neste contexto, a promoção da produção e consumo de gases renováveis para uma maior eficiência e segurança energética.

O desafio

O momento atual coloca a indústria em geral e a *hard-to-abate* em particular - como o cimento, vidro, papel, cerâmica e química - perante a incontornável necessidade de enveredar por alternativas disruptivas de descarbonização ao nível das matérias-primas, processos e fontes de energia. Isto, para tornar possível um salto significativo na redução das suas emissões de gases com efeito de estufa.

A escolha de novas matérias primas, idealmente mais descarbonatadas ou com menores pontos de fusão, o eco-design, a incorporação de mais material reciclado, a eletrificação e a incorporação de gases renováveis, nomeadamente hidrogénio verde e biometano, posicionam-se como as soluções de maior interesse nos roteiros de descarbonização da indústria, sendo que a complementaridade entre todas estas alternativas de descarbonização tende a ser a abordagem mais consensual para resposta ao desafio que a indústria enfrenta nesta temática.

A generalidade das indústrias já percorreu um trajeto significativo

na redução da pegada carbónica da sua atividade. A introdução do gás natural em Portugal em 1997 teve a virtude de, pela “simples” troca de fonte de energia, gerar o primeiro grande impulso na redução das emissões de gases com efeito de estufa gerados pelos processos industriais. Os anos seguintes foram marcados por uma sucessão de inovações e ganhos de eficiência nos processos produtivos.

O desafio hoje abrange toda a cadeia de valor, desde a disponibilidade de matérias-primas e material reciclado, a novos processos de produção de energias renováveis (ainda carentes da total definição de quadros regulatórios), menor flexibilidade nas condições de aprovisionamento de energia, até a avanços tecnológicos em *time to market* - estes especialmente relevantes em indústrias com ciclos de investimento longos.

Todos estes novos desafios terão de ser suportados pela competitividade do produto.

O cenário macro torna-se ainda mais desafiante quando colocamos na equação um ambiente global caracterizado pela incerteza e volatilidade aos mais variados níveis: desde o geopolítico ao logístico e a cadeias de abastecimento de matérias-primas e de equipamentos, preços de energia, taxas de juro, inflação, escassez de mão de obra e a progressiva pressão para redução das licenças de emissão de carbono ao longo do tempo (para empresas abrangidas pelo CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão), para mencionar apenas alguns fatores.

As oportunidades

Incorporar energia renovável





nos produtos é uma forma de diferenciação e a solução mais eficiente para valorizar a energia. Portugal tem um tecido empresarial com grande capacidade de exportação. A qualidade dos produtos é reconhecida internacionalmente e o fator “diferenciação” há muito que é explorado por diversos setores da “nossa” indústria.

Portugal tem abundância de sol e vento, o que é positivo para o desenvolvimento de unidades de produção de energia elétrica para autoconsumo. Estes projetos são críticos para que a indústria maximize os benefícios do potencial de eletrificação dos seus processos produtivos. Importa agora que o enquadramento legislativo e a capacidade das infraestruturas permitam a utilização desse potencial energético.

A referida disponibilidade de fontes renováveis para a produção de energia elétrica em Portugal constitui um fator de atratividade para projetos de hidrogénio verde. Um fator essencial é a produção



A indústria nacional necessitará de soluções alternativas que permitam a descarbonização dos seus processos produtivos em maior escala

e utilização local do hidrogénio, que no seu estado gasoso tem uma densidade energética muito baixa e no estado líquido um preço que o mercado não está disposto a pagar, tornando o seu armazenamento ou transporte rodoviário soluções pouco interessantes para a escala de consumos prevista para a indústria. A Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H2) define como objetivo cerca de 15% de hidrogénio verde em volume a circular nas redes nacionais em 2030.

Tal representará cerca de 1/3 em energia (5%), ou seja, 1,5 TWh dos 30 TWh projetados, a circular nas redes de gás natural no nosso país nessa data.

A indústria nacional necessitará de soluções alternativas que permitam a descarbonização dos seus processos produtivos em maior escala.

Os vales de hidrogénio verde surgem como uma das soluções mais eficazes e eficientes para que a indústria veja ultrapassada uma das barreiras fundamentais à sua utilização: a disponibilidade de hidrogénio verde em escala, pois só após esta disponibilização a indústria terá condições para testar equipamentos, adaptar processos e validar a qualidade dos seus produtos para uma eventual escalada na sua utilização como vetor energético de descarbonização. ▶



▲ Infografia do modelo de vale de hidrogénio verde da REGA ENERGY para entrega às indústrias.



▲ Infografia dos modelos de produção de biometano e sua entrega à indústria.



O biometano, pela relativa facilidade, e o hidrogénio, pela escalabilidade, são soluções complementares de descarbonização para a indústria

Os desenvolvimentos de vales de hidrogénio verde devem ser vistos como pontuais e localizados próximo das indústrias que efetivamente dele necessitem para a descarbonização profunda dos seus processos produtivos. O biometano, por sua vez, abre um leque de benefícios imediatos, sendo a sua escassez (por via da disponibilidade de matéria-prima) e potencial de escalabilidade os principais fatores limitantes a satisfazer a totalidade da procura. A produção de biometano evita emissões de metano para a atmosfera e o seu processo, para além do ciclo do gás, inclui ainda o ciclo dos nutrientes, através da produção de um biofertilizante para devolução ao solo. A redução das emissões de metano (um gás cerca de 30 vezes mais impactante como gás de efeito de estufa quando comparado com o dióxido de carbono) permite

desenvolver projetos não apenas carbono neutros, como também carbono negativos, em função da tipologia de matérias-primas utilizadas. À semelhança do gás natural fóssil, o biometano é constituído essencialmente por metano, o que torna este gás completamente compatível com o gás natural que circula na rede nacional de gás, logo eliminando a necessidade de as indústrias adaptarem equipamentos e processos produtivos para a sua incorporação. Contudo, o biometano será escasso. O Plano Nacional de Ação para o Biometano, aprovado a 15 de março de 2024, estima um potencial de 2,7 TWh/ano de biometano a injetar na rede de gás natural em 2030 e até 5,6 TWh/ano em 2040. A implementação de projetos de biometano permite, desde logo, a valorização mais eficiente do biogás já disponível em Portugal

(produzido em aterros sanitários e em digestões anaeróbias) e é a solução mais adequada para o apropriado tratamento de um vasto conjunto de resíduos orgânicos (animais e vegetais), nomeadamente os efluentes pecuários, contribuindo não apenas para uma efetiva melhoria do desempenho ambiental das explorações agropecuárias, como também, promovendo a circularidade da economia rural. Sabendo-se de antemão que nem todo o biometano será direcionado para a indústria (a sua utilização mais nobre), poderemos concluir uma muito provável coexistência deste gás com hidrogénio verde no cabaz de soluções de descarbonização de algumas indústrias, nomeadamente das mais intensivas e onde a total eletrificação dos processos seja de difícil ou quase impossível implementação. Assim, o biometano, pela relativa facilidade, e o hidrogénio, pela escalabilidade, são soluções complementares de descarbonização para a indústria. ●



• Diretor da Unidade de Negócio de Biometano, REGA ENERGY
• Equipa Comercial e Desenvolvimento do Negócio, REGA ENERGY

DREAM. DARE. WE BUILD.



Hydrogen Solutions



MAIN CHARACTERISTICS:

H35 and H70 dispensing | T40 cooling

500 bar and 1000 bar compression | 500 bar and 1000 bar storage

Hydrogen supply via tube trailer (up to 500 barG) or electrolyser

ESD, HD and FD devices | 40ft footprint

Mobile and fully automated | 24h set-up and commissioning

No civil works needed | Plug and play solution

Suitable for operation at extreme conditions



Move with us towards a **greener** future.

NORMALIZAÇÃO

Estações de abastecimento de hidrogénio gasoso



Egídio Calado+

A agenda da estratégia 2030 do CEN e CENENEK, no contexto da transição verde e digital, pretende alcançar, em apenas uma década, uma trajetória de crescimento radicalmente transformadora. Esta trajetória de crescimento será alavancada pela utilização dos seus sistemas e serviços de normalização que são reconhecidos pela UE e pela EFTA.

A estratégia 2030 identificou então cinco objetivos, com os quais pretende contribuir para construir uma Europa mais segura, mais sustentável e competitiva através da utilização da Normalização Europeia e Internacional.

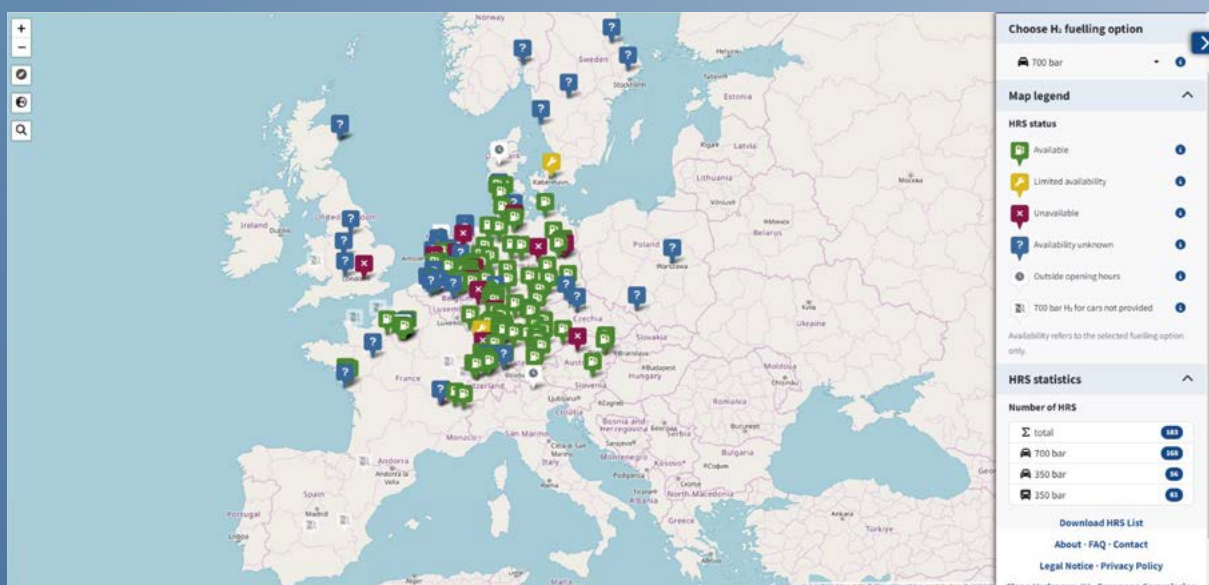
Um desses objetivos é o hidrogénio, que tem um enorme potencial para apoiar a descarbonização da indústria, dos transportes, da produção de eletricidade, do sistema energético e dos edifícios por toda a Europa facilitando, ao mesmo tempo, a integração em grande escala das energias renováveis e a descarbonização do gás natural através de tecnologias inovadoras.

Na vertente dos transportes, a Diretiva n.º 2014/94/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de outubro de 2014, referente à criação de uma infraestrutura para combustíveis alternativos, veio dar resposta a um dos problemas identificados a nível europeu como responsável pelas dificuldades que a transição energética do setor dos transportes tem enfrentado, nomeadamente a falta de infraestruturas harmonizadas de abastecimento para os principais combustíveis alternativos.

Esta Diretiva foi, entretanto,

revogada pelo Regulamento (UE) 2023/1804 do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de setembro de 2023, e entrou em vigor no passado dia 14 de abril de 2024. Recorde-se que os regulamentos são atos legislativos definidos no artigo 288.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia. Têm carácter geral, são obrigatórios em todos os seus elementos e diretamente aplicáveis em todos os Estados-Membros da União Europeia.

Este regulamento estabelece metas para a infraestrutura de abastecimento de hidrogénio dos veículos rodoviários, nomeadamente que sejam instaladas estações de abastecimento de hidrogénio acessíveis ao público, concebidas para uma capacidade mínima cumulativa de uma tonelada por dia e equipadas com um distribuidor de, pelo menos, 700 bar, com uma distância máxima de 200 km entre as mesmas ao longo da rede principal da Rede TransEuropeia de Transportes (RTE-T).



▲ Figura 1: Mapa europeu referente à localização dos postos de abastecimento de hidrogénio.

Fonte: <https://h2-map.eu/>

Dada a enorme diversidade de combustíveis ou fontes de energia, o Regulamento prevê que existam informações pertinentes, coerentes e claras aos utilizadores dos veículos a motor. Quando esta informação prevê uma expressão gráfica, esta deve ser simples e de fácil compreensão. Estes requisitos são complementados através da NP EN 16942:2017 - Combustíveis. Identificação de compatibilidade de veículos. Representação gráfica para informação ao consumidor.

A representação gráfica mencionada na referida norma, é composta por uma forma e um símbolo. Para os combustíveis gasosos e independentemente da sua origem, a sua forma é um losango de 90°, sendo o símbolo expresso através de uma combinação de letras, números ou ilustrações. Este identificador tem como objetivo ser visualizado pelos consumidores

nos dispensadores dos postos de abastecimento, nos veículos e nos respetivos manuais de utilização.

O Organismo de Normalização Sectorial, Instituto Tecnológico do Gás (ONS/ITG) é o coordenador da comissão técnica de normalização CT 203 - Gás natural, biometano, hidrogénio, outros gases de origem renovável e suas misturas, e para além de acompanhar os trabalhos do ISO/TC 197 - *Hydrogen technologies*, encontra-se neste momento a elaborar a versão portuguesa da ISO 19880-1 - *Gaseous hydrogen - Fuelling stations - Part 1: General requirements*.

Esta norma define os requisitos mínimos de projeto, instalação, comissionamento, operação, inspeção e manutenção para a segurança e, quando apropriado, para o desempenho de estações de abastecimento públicas e não



◀ Exemplo de identificador para o hidrogénio gasoso.

públicas que forneçam hidrogénio gasoso para veículos rodoviários ligeiros (por exemplo, veículos elétricos com célula de combustível a hidrogénio).

Atualmente, o número total de postos de abastecimento na Europa (HRS - *Hydrogen Refuelling Stations*) é de 183, que inclui abastecimentos a pressões de 350 e 700 bar conforme o mapa europeu indica (**Figura 1**). ●



Elemento ligação ONS/ITG- IPQ

SERVIÇOS PRESTADOS



ORGANISMO DE INSPEÇÃO

INSPECTION BODY



ORGANISMO DE NORMALIZAÇÃO SETORIAL

STANDARDIZATION BODY



ACADEMIA DE FORMAÇÃO

TRAINING BODY



ORGANISMO NOTIFICADO

NOTIFIED BODY



CONSULTORIA E PROJETOS ESPECIAIS

CONSULTING AND SPECIAL PROJECTS



LABORATÓRIO

LABORATORY



www.itg.pt
itg@itg.pt

QUALIDADE E SEGURANÇA

QUALITY & SAFETY

Atingir a liderança em mobilidade e energia sustentáveis



Com mais de 90 anos de atividade, a **Cepsa** procura ter uma operação cada vez mais descarbonizada e desenhou uma estratégia específica para a mobilidade sustentável, biocombustíveis e hidrogénio verde para Portugal e Espanha. Nesta entrevista, **José Aramburu Delgado, CEO da Cepsa Portugal**, analisa as principais componentes desse plano e revela as conclusões de um estudo que a companhia desenvolveu recentemente sobre a relevância do hidrogénio verde e dos biocombustíveis no PIB e emprego europeus.

José Aramburu Delgado

CEO da Cepsa Portugal

Em 2022, a Cepsa apresentou o plano **Positive Motion**, com uma nova estratégia para a mobilidade sustentável, biocombustíveis e hidrogénio verde para Portugal e Espanha.

Quais são as grandes linhas de orientação e objetivos desse plano?

Na Cepsa estamos a transformar a nossa atividade para sermos uma referência na transição energética e nos tornarmos líderes em mobilidade e energia sustentáveis em Portugal e Espanha. Durante esse processo, a empresa vai-se transformando numa empresa mais focada nas necessidades dos seus clientes, que também enfrentam os seus próprios desafios na descarbonização das suas atividades. Queremos ir além das emissões líquidas zero (net zero) e alcançar o Net

Positive, estabelecemos um roteiro ambicioso para reduzir as emissões, colocando-nos entre as empresas líderes no nosso setor. Especificamente, em 2030, reduziremos as emissões de CO₂ (âmbito 1 e 2) em 55%, face a 2019, e aspiramos atingir zero emissões líquidas em 2050 e ir mais além, contribuindo positivamente Net Positive (Líquido Positivo). Relativamente ao índice de intensidade carbónica dos produtos que comercializamos (âmbito 3), este será reduzido entre 15 e 20% em 2030.

A empresa apresentou em Davos o resultado de um estudo que revela forte crescimento no H2 Verde e Biocombustíveis no PIB e emprego europeus (ver caixa). Que conclusões extrai a Cepsa dessa análise e que ações pode desenvolver em conformidade com os resultados do estudo?

Na Cepsa promovemos projetos como o Vale do Hidrogénio Verde da Andaluzia, o projeto de hidrogénio renovável mais ambicioso de Espanha e um dos mais importantes da Europa que irá gerar 10.000 novos empregos, dos quais 1.000 serão diretos. Destaque ainda para a *joint venture* criada em conjunto com a Bio-Oils para construir a maior fábrica de biocombustíveis de segunda geração do sul da Europa, que já estamos a construir em Huelva (Espanha) e que irá favorecer a criação de 2.000 empregos, diretos e indiretos, durante as fases de construção e operação. Sem dúvida, a transição energética representa uma oportunidade de criação de emprego, pois permitirá canalizar conhecimento estratégico baseado em dados e transformá-lo em programas específicos de melhoria de competências, gestão e planeamento dos perfis necessários e iniciativas de formação. Neste sentido, o relatório que apresentámos com o ManpowerGroup indica que o hidrogénio verde e as energias de biocombustíveis criarão 1,7 milhões de empregos na Europa até 2040 e aumentarão o PIB europeu em 145 mil milhões de euros até 2040.

Independência energética

No terreno, a companhia tem vindo a desenvolver vários investimentos em energia verde e descarbonização. Que projetos estão em curso e em *pipeline* na Península Ibérica?

Desde o lançamento da estratégia Positive Motion em março de 2022, temos progredido neste caminho, com o objetivo de gerar mais de metade do nosso EBITDA a partir de negócios sustentáveis até 2030. Este plano de longo prazo reflete a oportunidade histórica que a Península Ibérica e as suas empresas têm de se converterem em atores-chave na promoção e produção de energia limpa e na segurança e independência energética da Europa. Além do que já foi referido, em termos de mobilidade sustentável, estamos a desenvolver uma extensa rede de carregamento ultrarrápido, com carregadores de pelo menos 150 kW nos principais corredores de Portugal e Espanha. Os postos de abastecimento da Cepsa, a segunda maior rede de Portugal e Espanha, estão a ser transformados em espaços digitalizados que vão oferecer uma grande variedade de serviços de ultraconveniência e restauração, incluindo alimentos frescos, parafarmácia, comércio ▶

H2 verde e biocombustíveis criam milhões de empregos na Europa

Os novos combustíveis renováveis, como o hidrogénio verde ou os biocombustíveis, poderão criar 1,7 milhões de novos empregos e um crescimento do PIB europeu de 145 mil milhões de euros até 2040. É o que revela o estudo "Green molecules: the imminent revolution of the employment market in Europe", realizado pelo ManpowerGroup e pela Cepsa e apresentado na última reunião do Fórum Económico Mundial em Davos. Trata-se de um relatório pioneiro que analisa pela primeira vez o impacto económico das moléculas verdes em termos de criação de emprego.

O estudo prevê que Espanha liderará, nas próximas duas décadas, a produção de hidrogénio verde e o crescimento do emprego associado. A indústria espanhola ligada às moléculas verdes gerará mais de 116.000 empregos nesta década e 181.000 em 2040, o que corresponde a 11% do emprego total gerado na UE e no Reino Unido. Em termos de crescimento económico (PIB), o sector contribuirá com mais 15.600 milhões de euros até 2040, o que representaria um aumento de 1% do PIB em 2022.

Espanha é também o país onde os novos empregos exigem mais competências ligadas à transição energética até 2040, correspondendo a 55% dos novos postos de trabalho. Além disso, o relatório salienta que a diferença de género que existe atualmente no setor da energia será reduzida, atingindo 37% de representação de mulheres na indústria das moléculas verdes. Isto deve-se a um aumento da taxa de entrada de mulheres, que duplicará a dos homens entre 2030 e 2040, permitindo que as mulheres ocupem 51% dos novos empregos diretos gerados nos combustíveis renováveis até ao final da década de 2040.

"As alterações climáticas representam um dos maiores desafios da humanidade e a transição energética é crucial para garantir o futuro do nosso planeta. Na Cepsa, pretendemos liderar esta revolução através da nossa própria transformação numa empresa que produz moléculas verdes, como o hidrogénio verde e os biocombustíveis, para descarbonizar setores como os transportes pesados e a indústria", afirmou Maarten Wetselaar, CEO da Cepsa. "Nesta transição, as parcerias e a inclusão são fundamentais. A nossa parceria com o ManpowerGroup representa um próximo passo essencial para impulsionar a incrível oportunidade de criação ▶



▲ Apresentação do estudo no Fórum de Davos

de emprego no âmbito da transição energética, uma vez que nos permitirá canalizar conhecimentos estratégicos e baseados em dados para programas de *upskilling* direcionados, gestão e planeamento dos perfis necessários e iniciativas de formação. Juntos podemos preparar os profissionais com as competências necessárias para as funções verdes emergentes e tornar a oportunidade acessível, inclusiva e capacitadora para milhares de profissionais".

"À medida que o impacto das alterações climáticas se evidencia em todo o mundo, torna-se mais urgente uma ação coletiva coordenada. As nações europeias estão a tomar medidas para acelerar a transição para uma economia baseada em energias renováveis e atingir emissões líquidas nulas. E é precisamente este impulso para a descarbonização que representa a próxima grande mudança no mundo do trabalho", afirmou Jonas Prising, CEO do ManpowerGroup. "Esta é uma nova era que representa uma enorme oportunidade, não apenas para as empresas, mas para milhões de profissionais. No entanto, só pode ser aproveitada se prepararmos as pessoas para ela. O futuro do trabalho é verde e precisamos de trabalhar em conjunto para garantir o futuro do planeta e das pessoas", acrescentou.

Aumenta procura de profissionais técnicos

Apenas 20 profissões são responsáveis por 8 em cada 10 novos empregos criados na indústria dos combustíveis renováveis: trata-se principalmente de cargos técnicos de nível médio e superior. Até 2040, a procura aumentará para cientistas e engenheiros de nível médio e superior, eletricitas, gestores administrativos e comerciais, trabalhadores das minas e da construção, profissionais de TI e operadores de metais e máquinas. Os profissionais que queiram tirar partido de um dos novos postos de trabalho que vão ser criados precisam de receber formação numa ou mais das competências exigidas por estas profissões. Ao mesmo tempo, é necessário mobilizar os profissionais das profissões que se tornarão menos relevantes para que possam ser reconvertidos noutras profissões mais procuradas.

O estudo revela ainda que 88% dos novos postos de trabalho gerados pelo hidrogénio verde e pelos biocombustíveis até 2040 situam-se em setores que não o da energia, como os serviços, a indústria e a construção, o que indica que a economia da molécula verde tem impacto em toda a cadeia de valor da produção. A transição exige a atualização e a requalificação de 60% dos profissionais na Europa para os dotar de competências ecológicas essenciais. Países como Itália, Alemanha e Espanha enfrentam as maiores lacunas de competências, que têm de ser colmatadas através da formação profissional, de ferramentas de mapeamento da mão de obra e das competências e da colaboração público-privada.

Juntamente com os seus parceiros, a Cepsa está a desenvolver o maior polo de moléculas verdes da Europa no Vale do Hidrogénio Verde da Andaluzia e os projetos de biocombustíveis 2G que está a promover em Espanha, que deverão criar até 14.000 empregos diretos, indiretos e induzidos. Os planos da empresa incluem duas fábricas de hidrogénio verde de 1 GW cada, com uma capacidade de produção anual de 300.000 toneladas; uma fábrica de amoníaco verde com uma capacidade de produção anual de 750.000 toneladas; uma fábrica de metanol verde com uma capacidade de produção anual de 300.000 toneladas; e uma fábrica de biocombustíveis com capacidade para produzir 500.000 toneladas de gasóleo renovável e de combustível de aviação sustentável (SAF) por ano. ●

eletrónico, pontos de recolha de encomendas e serviços de lavagem sustentável de veículos, bem como soluções multienergéticas para abastecimento em estrada.

Os Vales de Hidrogénio constituem uma das principais iniciativas europeias para o incremento deste vetor energético. A Cepsa tem grande protagonismo no Vale do Hidrogénio Verde da Andaluzia que referiu. Como está a decorrer a sua implantação e que balanço pode fazer-se do projeto?

O projeto do Vale da Andaluzia terá como foco a criação de duas centrais de geração de hidrogénio renovável nos Parques Energéticos de Palos de la Frontera (Huelva) e San Roque (Algeciras), que serão inauguradas respetivamente em 2026 e 2027. Com capacidade de produção equivalente a 2 GW, tem dez vezes mais capacidade do que o maior projeto iniciado na Europa até à data.

Tem sido veiculada a intensão de tornar Portugal e Espanha num hub relevante na produção e exportação de energia verde. Que relevância atribuem a esta estratégia e que posicionamento tem a Cepsa neste enquadramento?

As moléculas verdes (hidrogénio verde e bicompostíveis) são essenciais para a descarbonização de setores complexos, como o transporte pesado, a aviação ou o tráfego marítimo e a Cepsa tem uma vantagem competitiva graças aos seus muitos anos de experiência na produção e gestão desta fonte de energia. Além disso, contamos com uma equipa altamente qualificada e comprometida e polos industriais estratégicos que apresentam ótimas condições para o seu desenvolvimento.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Enquanto produtor, que medidas consideram prioritárias a nível local e europeu para efetivar objetivos previstos em ações como o REPowerEU ou a COP28?

A Cepsa tem um firme compromisso com as políticas ambientais, sociais e de boa governação. No que diz respeito à Agenda 2030 das Nações Unidas, a Cepsa estabeleceu quatro Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como prioridades: ODS 7 (Acesso a energia limpa e acessível), ODS 8 (Trabalho digno e crescimento económico), ODS 12 (Produção e consumo responsável), e ODS 13 (Ação Climática).

Além da celebração do Dia Mundial da Energia em maio, Lisboa acolhe a Lisbon Energy Summit & Exhibition 2024. Perante estas relevantes iniciativas, como perspetiva a Cepsa a evolução do setor energético e como preconiza a sua atuação num ambiente de crescente descarbonização?

A Cepsa tem a ambição de se tornar uma referência europeia na transição energética, incluída na sua estratégia "Positive Motion", para liderar a mobilidade sustentável e a produção de hidrogénio verde e biocombustíveis 2G até 2030. Pretendemos gerir a nossa transformação de acordo com as melhores práticas empresariais ESG, de forma a ser uma referência na transição energética e a gerar impactos positivos em todos os nossos *stakeholders*. ●




Fundada a 27 de novembro de 2002, a AP2H₂ é uma instituição sem fins lucrativos e tem como missão a promoção do Hidrogénio e da sustentabilidade energética e ambiental.

Objetivos:

- Promover a introdução do hidrogénio como vetor energético
- Apoiar o desenvolvimento das tecnologias associadas
- Incentivar a utilização do hidrogénio em aplicações comerciais e industriais em Portugal



TORNE-SE SÓCIO E BENEFICIE DE VANTAGENS INTERESSANTES
RECEBA A REVISTA GRATUITAMENTE

Visite-nos: 
www.ap2h2.pt

Mais informações: 
info@ap2h2.pt

Contacte-nos: 
+351 262 101 207 +351 937 447 045

Contacte-nos: 
Edifício Expoeste - Av. Infante D. Henrique nº2 2500-108 Caldas da Rainha



O FUTURO DO ABASTECIMENTO

Hellonext apresenta solução de hidrogénio AXON H2

Num cenário de evolução do transporte sustentável, a mobilidade a hidrogénio destaca-se como um farol de progresso e de grande potencial. A Hellonext, com o seu histórico de quarenta anos de inovação na distribuição de combustível, está a impulsionar esta revolução com o lançamento da solução inovadora para o abastecimento de hidrogénio, a AXON H2. Este dispensador de última geração não é apenas um equipamento, constitui sim um marco fundamental na tecnologia e segurança no abastecimento de veículos a hidrogénio.

Redefinindo o abastecimento de hidrogénio

A AXON H2 resulta de décadas de experiência e investigação em engenharia, tendo sido concebida para uma integração perfeita em Estações de Abastecimento de Hidrogénio (HRS), sejam novas ou já existentes. A AXON H2, pode ser integrada em qualquer solução. O seu design compacto reduz significativamente a área ocupada na HRS, permitindo espaço para unidades de distribuição adicionais, caso seja necessário. Uma das características de destaque da AXON H2 é a sua interface simples e intuitiva, através de um ecrã tátil de 27 polegadas. Este display interativo não apenas orienta o utilizador durante o processo de reabastecimento, mas também aprimora os protocolos de segurança e fornece atualizações em tempo real sobre níveis de pressão, quantidade de hidrogénio transferido e temperatura do depósito da viatura.

Projetado para hoje, construído para amanhã

A AXON H2 pode acomodar até quatro manguueiras com pontos de enchimento duplos, um recurso que aumenta o rendimento e reduz os tempos de espera, melhorando assim a eficiência geral da estação. O seu design é altamente adaptável e oferece configurações de um lado para estações menores ou de dois lados para locais mais movimentados. Esta flexibilidade garante que a AXON H2 possa satisfazer as necessidades de diversas escalas operacionais e volumes de clientes.

Segurança e compatibilidade

A segurança é fundamental no design da AXON H2 e inclui múltiplas medidas de segurança para garantir operações de abastecimento seguras.

Gerido por um Controlador Lógico Programável (PLC), o sistema monitoriza e controla meticulosamente o processo de distribuição, garantindo que cada fase do fornecimento de hidrogénio é executada com precisão e alinhada com os mais altos padrões de segurança.

A AXON H2 está em conformidade com todos os principais protocolos de abastecimento, incluindo SAE J2601 e SAE J2601-2, garantindo que atende aos padrões globais para reabastecimento de hidrogénio. Esta adesão não só garante a segurança, mas também aumenta a compatibilidade da unidade numa gama diversificada de veículos a hidrogénio.

Recursos avançados

Para configurações H70, a AXON H2 está equipada com um permutador de calor integrado que coloca a temperatura do hidrogénio nos valores recomendados, maximizando a eficiência e a segurança durante o processo de abastecimento. O equipamento também oferece suporte a um conjunto completo de opções de comunicação e pagamento, apresentando um Terminal de Pagamento Externo (OPT) integrado que cumpre com os mais recentes padrões de segurança para transações com cartão. Isto facilita transações de pagamento seguras e contínuas diretamente no dispensador, melhorando a experiência do utilizador.

Visão para o futuro

À medida que o mundo avança em direção a soluções mais ecológicas, o papel do hidrogénio como fonte de energia alternativa e sustentável torna-se cada vez mais significativo. A Hellonext está na vanguarda desta transição, empenhada em fornecer soluções que apoiem o crescimento da infraestrutura de hidrogénio.

A AXON H2 é uma prova deste compromisso, incorporando uma visão onde a tecnologia encontra a sustentabilidade. A introdução da AXON H2 é um marco significativo na tecnologia de combustível de hidrogénio. A solução foi projetada não apenas para responder à procura atual do abastecimento de hidrogénio, mas também para aprimorar globalmente as capacidades das HRS. Com o seu lançamento, a Hellonext não comercializa apenas um equipamento, está sim a empreender uma mudança para um futuro mais sustentável e eficiente no consumo de energia. ●





Advance to top-tier hydrogen refueling with our cutting-edge dispenser.

Enhance your station or project—contact your developer to integrate our market-leading dispenser today!



Info@hellonext.world
hellonext.world

Learn more



INFRAESTRUTURAS

Um processo para a integração de H2 na rede de gás natural

José Vieira, João Pereira, Duarte Cachulo⁺

A procura por materiais adequados para operar em ambientes com presença de hidrogénio tem-se intensificado devido às possíveis aplicações deste gás natural em diversas indústrias, como energia e transporte. Com o crescente interesse em fontes de energia limpa e renovável, o hidrogénio emerge como uma alternativa promissora, despertando a necessidade de compreender e caracterizar os materiais que estarão expostos a esse ambiente.

A utilização de hidrogénio como vetor energético apresenta desafios singulares devido à sua natureza altamente reativa e corrosiva, especialmente para altas pressões e temperaturas. A exposição ao hidrogénio pode levar à degradação dos materiais, comprometendo a sua integridade estrutural e desempenho ao longo do tempo. Portanto, a caracterização detalhada dos materiais é crucial para garantir a sua integridade, segurança e eficiência nas diversas aplicações. Esta necessidade é também vital na conversão de ativos, que não foram projetados para operar com H2 mas que seguindo uma lógica de diminuição de custos são submetidos a esta nova configuração.

Este artigo tem como objetivo

abordar as técnicas de caracterização de materiais em ambientes com hidrogénio, destacando os métodos analíticos, as tecnologias emergentes e os desafios associados. Ao compreendermos melhor como os materiais interagem com o hidrogénio, podemos desenvolver estratégias mais eficazes para projetar e selecionar materiais adequados, impulsionando assim o avanço das tecnologias relacionadas à utilização do hidrogénio como fonte de energia sustentável.

Em simultâneo, esta abordagem suporta o processo de conversão de ativos existentes para o serviço com H2 garantindo o cumprimento das exigências das novas condições de operação.

1. Aproveitamento de ativos existentes nas infraestruturas atuais de gás natural

Uma consideração fundamental na utilização de materiais em ambientes com hidrogénio é o potencial aproveitamento de ativos existentes nas infraestruturas atuais destinadas ao transporte e armazenamento de gás natural. A adaptação dessas infraestruturas para um serviço com hidrogénio requer uma avaliação rigorosa das propriedades mecânicas dos materiais utilizados, bem como de possíveis modificações necessárias para garantir compatibilidade com

as características específicas do hidrogénio.

Esta análise inclui resistência à corrosão, permeabilidade, avaliação da ductilidade, resistência à fratura, propagação de fendas por fadiga e outros fatores que possam influenciar a integridade e segurança dos ativos. Ao aproveitar as infraestruturas existentes, não apenas reduzimos os custos de implementação de novas instalações, mas também promovemos uma transição mais suave e eficiente para a utilização do hidrogénio como fonte de energia alternativa.

2. Proposta de uma metodologia

O INEGI desenvolveu uma metodologia para a conversão de ativos de uma rede de distribuição de média pressão de gás natural para a veiculação de hidrogénio, assumindo percentagens de injeção progressivamente superiores até se atingir uma percentagem de injeção de 100%.

A metodologia assenta em quatro principais atividades:

1. Enquadramento e definição;
2. Classificação do estado atual da rede;
3. Análise de engenharia para utilização de hidrogénio;
4. Plano de gestão e operação.

A atividade 1 pretende recolher toda a informação disponível sobre o projeto, construção e manutenção dos ativos da rede existente.

A atividade 2 traduz uma avaliação crítica dessa informação, explorando no histórico de defeitos segmentos de rede cuja integridade possa estar comprometida face à injeção de hidrogénio. Esta atividade contempla também uma análise de riscos, onde são evidenciados os eventos com maior impacto na infraestrutura. Os resultados desta análise representam investimentos necessários para o adequado



Ao compreendermos melhor como os materiais interagem com o hidrogénio, podemos desenvolver estratégias mais eficazes para projetar os materiais adequados

funcionamento da rede nas novas condições. A partir da atividade 3 é realizada uma análise técnica à injeção de hidrogénio, onde o comportamento mecânico dos ativos é explorado em detalhe, procurando limitar os defeitos mínimos existentes que garantem conformidade com os códigos aplicáveis. Nesta atividade, são também detalhadas grandezas típicas de um escoamento de hidrogénio como caudal, velocidade, vibração, ruído, e arrasto de partículas, comparativamente ao panorama existente com gás natural. Por fim, na atividade 4, todas as conclusões das atividades anteriores são reportadas nos manuais técnicos do operador de rede, contribuindo para a conformidade da rede com a nova realidade.

3. Definição da fragilização por hidrogénio

Um aspeto crítico no comportamento de materiais em ambientes com hidrogénio é a compreensão do fenómeno de fragilização existente. Conhecida como fragilização por hidrogénio, este fenómeno ocorre quando o hidrogénio, na sua forma atômica ou molecular, penetra na

estrutura cristalina do material, enfraquecendo as ligações interatômicas.

Isto pode resultar numa diminuição significativa na ductilidade e resistência do material, tornando-o suscetível a falhas catastróficas, como fissuras e fraturas, mesmo em condições de carga relativamente baixas. A fragilização por hidrogénio pode ser potenciada por fatores como pressões e temperaturas elevadas, e tensões mecânicas residuais existentes, tornando essencial a caracterização precisa dos materiais para mitigar este efeito adverso e garantir a segurança das infraestruturas expostas ao hidrogénio. Além da perda de capacidade de deformação no regime plástico, o material também evidencia uma diminuição da tenacidade à fratura e a velocidade de propagação de fendas pode aumentar até dez vezes mais.

4. Apresentação de programa de ensaios e resultados experimentais

A caracterização do comportamento do material afetado pela fragilização por hidrogénio é feita a partir da formulação de um plano de ensaios mecânicos. Este plano é composto

por ensaios de tração, de fratura e propagação de fendas de fadiga em ambientes com hidrogénio no estado gasoso com pressão controlada. Além de ensaios mecânicos, também ensaios de permeabilidade são contemplados neste estudo.

Os resultados dos ensaios realizados para caracterização de materiais em ambientes com hidrogénio reportam, frequentemente, a perda de ductilidade como uma das principais conseqüências desse ambiente corrosivo.

A análise desses resultados revela uma redução significativa na capacidade do material se deformar plasticamente antes da fratura, indicando uma transição para um comportamento mais frágil.

Essa perda de ductilidade é muitas vezes acompanhada por um aumento na fragilidade do material, refletindo a penetração do hidrogénio na sua estrutura cristalina e os efeitos adversos nas propriedades mecânicas. Os ensaios também fornecem informações sobre a extensão deste fenómeno e a sua relação com diversos parâmetros, como a concentração de hidrogénio, o tempo de exposição e as condições ▶



ambientais, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e de seleção de materiais mais adequados para aplicações específicas em ambientes com hidrogénio.

Outra dimensão em análise é a permeabilidade do material face ao hidrogénio, onde a apresentação dos resultados dos ensaios conduzidos é crucial para avaliar a sua capacidade de reter e conter este gás altamente reativo. Estes ensaios fornecem informações essenciais sobre a taxa na qual o hidrogénio se difunde através dos materiais, o que é fundamental para determinar a sua eficácia como barreira de contenção. Os resultados geralmente são apresentados em termos de taxa de permeabilidade, expressa em unidades como moléculas de hidrogénio por unidade de área e tempo. Além disso, os ensaios de permeabilidade também podem revelar *insights* sobre os mecanismos de difusão do hidrogénio dentro da estrutura do material, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação para reduzir ou prevenir a permeabilidade indesejada. A apresentação detalhada desses resultados é essencial para a seleção adequada de materiais de contenção de hidrogénio, garantindo a segurança e eficácia das aplicações.

5. Comparação do comportamento em

condições ambiente vs hidrogénio

A campanha de ensaios realizada identifica diferenças significativas entre o comportamento dos materiais em condições ambiente *versus* condições com hidrogénio. Os resultados inerentes às condições normais apresentam propriedades mecânicas dentro dos parâmetros normalizados. Em contrapartida, a exposição ao hidrogénio induz alterações na ductilidade do material, levando a uma perda de 10%. Também a resistência à fratura foi afetada verificando-se uma perda de 48%. Esta análise é feita a partir da medição do fator de intensidade de tensões, que é crítico para ambas as condições. Em detalhe, foi obtido um valor médio de 148 MPa.m^{1/2} para as condições *standard* enquanto que, para os ensaios na presença com H₂, o valor obtido foi de 76 MPa.m^{1/2}. Também na resistência à propagação de fendas por fadiga, os resultados experimentais suportam as indicações da literatura, conduzindo o efeito do H₂ ao aumento de velocidade na taxa de propagação de um determinado defeito em cerca de 10x.

6. Criação de ferramentas para análise de ativos em contacto com o hidrogénio

A criação de ferramentas para a avaliação da integridade estrutural de ativos integra a atividade 3 da metodologia proposta. Estas

ferramentas contribuem para uma análise mais detalhada de um determinado defeito, evitando investimentos desnecessários por parte dos operadores de rede, fornecendo informação fiável para a permanência ou não em serviço. A base desta metodologia assenta na avaliação de defeitos típicos de um gasoduto (corrosão, danos mecânicos exteriores e fissuras), assim como a geometria e propriedades do material do componente. Os diferentes *inputs* são tratados seguindo uma metodologia de cálculo e, no final, comparados com as condições limite de operação, diretamente determinadas a partir dos ensaios experimentais.

Enquanto que a abordagem-base se rege por formulações analíticas (*design by method*) com elevado grau de conservadorismo, pode seguir-se para um nível mais detalhado considerando uma abordagem numérica (*design by analysis*) utilizando ferramentas de simulação numérica (ex: método dos elementos finitos).

7. Desenvolvimento de tecnologias para caracterização mecânica de materiais na presença de H₂

Durante o desenvolvimento da terceira atividade da metodologia proposta pelo INEGI, foram conduzidos ensaios mecânicos em materiais instalados na infraestrutura existente para o



serviço com gás natural. Estes ensaios, realizados em ambientes com hidrogénio, forneceram indicadores fundamentais para prever o comportamento da rede com as novas condições de injeção. Estes testes foram possíveis devido ao investimento realizado pelo INEGI na capacitação das suas instalações e também no estabelecimento de parcerias com organizações internacionais envolvidas no tema da integridade dos materiais nestas condições de operação. Esta parceria resultou, agora, no desenvolvimento de *set-ups* experimentais que irão capacitar as equipas do INEGI para a realização de ensaios mecânicos em condições de ambiente com o H₂ no estado gasoso para pressões próximas dos 200 bar.

Além da aplicação em redes de transporte, atualmente, ao serviço de operadores de fornecimento de gás natural, a caracterização de materiais pode ser direcionada para outras aplicações específicas, como os reservatórios de pressão de hidrogénio. Os reservatórios de pressão de H₂ são projetados para armazenar grandes volumes de gás altamente reativo sob pressões significativas, o que os expõe a condições extremas de operação. A caracterização desses materiais inclui uma avaliação abrangente das suas propriedades mecânicas, resistência à corrosão, permeabilidade ao hidrogénio e capacidade de suportar ciclos repetidos de carga e descarga. Além disso, são considerados fatores como a compatibilidade química entre os materiais e o hidrogénio, de forma a evitar o fenómeno de fragilização. Através de técnicas avançadas de caracterização, como ensaios de tração, fratura e fadiga, análise microestrutural e testes de envelhecimento acelerado, é possível identificar materiais com desempenho superior para garantir a integridade e confiabilidade dos reservatórios, contribuindo assim para o avanço seguro das tecnologias relacionadas com a utilização deste gás como vetor energético.



Ensaios, realizados em ambientes com hidrogénio, forneceram indicadores fundamentais para prever o comportamento da rede com as novas condições de injeção

8. Exploração do conservadorismo dos códigos em vigor e renovação de dados experimentais

Para a execução do trabalho, foram considerados os códigos existentes em vigor para gasodutos de hidrogénio, nomeadamente as instruções relativas à conversão de redes de outros fluidos para a veiculação de hidrogénio (ASME B31.12). O INEGI identificou instruções demasiado conservadoras para a aplicação em causa. Destaca-se a proibição de qualquer elemento em ferro fundido, o recobrimento mínimo de 914 mm para um segmento de rede enterrado, a análise das soldaduras da rede existente a cada 1,6km (1 milha), ou limites muito conservadores para os resultados dos ensaios de fratura e fadiga para caracterização de material. Para cada um dos pontos, o INEGI elaborou fundamentação técnica para apoio à tomada de decisão de investimento por parte do operador de rede. O alinhamento da execução das diferentes atividades, tem transportado o INEGI para o fornecimento de dados experimentais relativos ao efeito do H₂ nos materiais usados neste tipo de construções. Efetivamente, para além da complexidade inerente a este tipo de ensaios, também o custo e condições de segurança se revelam como ponto chave. Nesse sentido, tem sido verificado um investimento forte em projetos de standardização de procedimentos e resultados, permitindo uma partilha adequada da informação e contribuindo para um mais rápido desenvolvimento de soluções e tomada de decisão. O INEGI tem procurado ativamente integrar estas campanhas, assumindo o seu

papel na transferência de inovação e tecnologia, utilizando as suas capacidades, recursos, e experiência ganha em projetos em curso para disponibilizar as ferramentas adequadas para o efeito.

9. Explorar trabalhos futuros não realizados no âmbito dos projetos já desenvolvidos

A metodologia desenvolvida visa a sua aplicação a uma rede de distribuição de média pressão de gás natural, maioritariamente construída em aço. Contudo, é totalmente replicável para o cenário de transporte de gás natural onde as pressões de serviço são superiores. No caso particular da limitação aplicada aos ativos em ferro fundido traduz-se num investimento considerável pelos operadores de rede para garantia da conformidade. A equipa que trabalha este tema no INEGI acredita que um estudo detalhado sobre a influência do hidrogénio neste material pode ser benéfico para os operadores de rede, fornecendo as fundamentações técnicas para contestar as limitações atualmente existentes nos códigos em vigor. Para além disso, o hidrogénio, visto como um vetor energético, inclui diversas outras aplicações para além daquela explorada na metodologia. Nesse sentido, a equipa tem vindo a trabalhar no desenvolvimento de diversos projetos na área do armazenamento, contribuindo na seleção de materiais para o desenvolvimento seguro de reservatórios sob pressão. ●



INFRAESTRUTURAS

Armazenamento e transporte de hidrogénio em materiais orgânicos sem metais

Abílio J. F. N. Sobral ^{1*}, Carlos M. F. Dias ²,
Juliana G. Araújo ², João M. Gil ^{3*}

1. Introdução

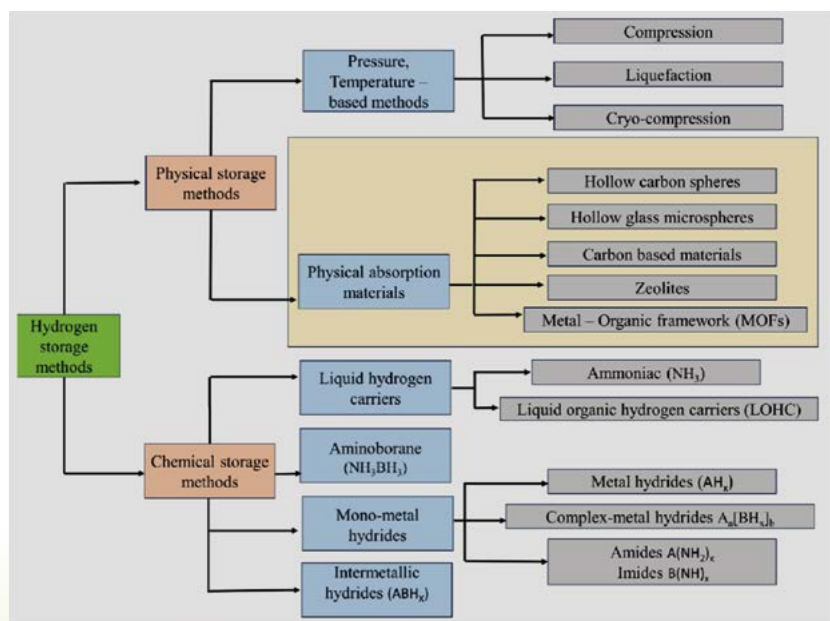
O hidrogénio é um elemento abundante na Terra (na forma de água) e possui a maior energia por massa de qualquer combustível convencional (não nuclear). Pode ser usado como um vetor energético limpo e sustentável, com potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as alterações climáticas. Apesar de ter uma densidade muito baixa ($0,0899 \text{ g/cm}^3$), apresenta uma energia por massa de 142 MJ/kg (cerca de três vezes mais que a gasolina) e um calor de combustão de 286 kJ/g . Ainda que possua ótimas qualidades energéticas, o hidrogénio apresenta sérios desafios no armazenamento e transporte. O hidrogénio é um gás, à temperatura ambiente e pressão

atmosférica, o que dificulta o seu armazenamento em grandes quantidades, sendo necessário recorrer a soluções dispendiosas como a compressão em tanques muito resistentes ou a liquefação a temperaturas muito baixas¹. Atualmente, a forma mais usual de armazenar e transportar hidrogénio é através do método de compressão gasosa “Compressed Hydrogen (CGH2)” ou liquefação por arrefecimento “Liquefied Hydrogen (LH2)”, ou uma combinação de ambos os métodos “cryo-compressed Hydrogen (cGH2)”. Estas opções de armazenamento caracterizam-se por altos requisitos de segurança devido à alta pressão e/ou à baixa temperatura dos tanques. Além disso, ambos os métodos necessitam de um grande dispêndio de energia elétrica para funcionarem. Somado a isso, ocorrem sempre perdas de hidrogénio (que podem chegar

até 3% do hidrogénio armazenado) devido à evaporação durante os processos de enchimento e manuseamento dos tanques de hidrogénio.

Nesse sentido, têm sido estudadas nas últimas décadas maneiras de facilitar o armazenamento e transporte de hidrogénio recorrendo, por exemplo, à sua adsorção em materiais sólidos, como os hidretos metálicos ou os MOFs (Metal-Organic Frameworks). De facto, nas últimas décadas diversos materiais contendo metais têm sido usados para o armazenamento de hidrogénio, como ligas metálicas, materiais semicondutores ou hidretos metálicos. Estes materiais apresentam, em geral, muito boa capacidade de armazenamento de hidrogénio, mas podem ser pesados, caros ou exibir pouca biocompatibilidade ou baixa estabilidade química. Por exemplo, os MOFs embora com boas propriedades de adsorção de hidrogénio têm uma síntese química que pode ser complexa², alguns óxidos metálicos podem apresentar razoável capacidade de armazenamento mas têm baixa densidade energética³ e os hidretos metálicos apesar de terem uma alta densidade energética (armazenam mais energia por unidade de volume do que a maioria dos combustíveis tradicionais, como a gasolina ou o *diesel*) são sensíveis à humidade (a maioria dos hidretos metálicos reage com a água, libertando hidrogénio gasoso) e, em geral, são caros (Figura 1)⁴.

A Figura 1 resume os métodos gerais de armazenamento de hidrogénio. Como se pode ver, além dos já referidos métodos de alta pressão e/ou baixa temperatura,



▲ Figura 1: Esquema dos métodos atuais de armazenamento de Hidrogénio (adaptado da referência 6).

atmosférica, o que dificulta o seu armazenamento em grandes quantidades, sendo necessário recorrer a soluções dispendiosas como a compressão em tanques muito resistentes ou a liquefação a temperaturas muito baixas¹. Atualmente, a forma mais usual de armazenar e transportar hidrogénio é através do método de compressão gasosa “Compressed Hydrogen (CGH2)” ou liquefação por arrefecimento “Liquefied Hydrogen (LH2)”, ou uma combinação de ambos os métodos “cryo-compressed Hydrogen (cGH2)”. Estas opções de armazenamento caracterizam-se por altos requisitos de segurança devido à alta pressão e/ou à baixa temperatura dos tanques. Além disso, ambos os métodos necessitam de um grande dispêndio de energia elétrica para funcionarem. Somado a isso, ocorrem sempre perdas de hidrogénio (que podem chegar

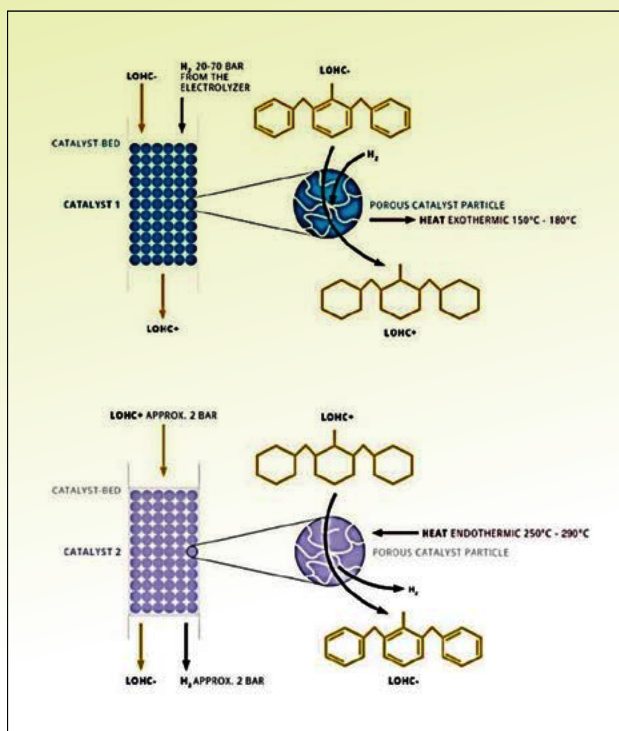


os restantes métodos dividem-se entre dois tipos de processos. Os mais usuais são baseados em interações físicas de adsorção ou absorção onde as moléculas de hidrogénio ou os átomos de hidrogénio se ligam aos materiais de suporte por interações fracas, formando espécies baseadas em interações intermoleculares do tipo *van der Waals*, ou então em processos de coordenação entre metais e a molécula de hidrogénio, em geral tirando partido do confinamento dentro de microcavidades presentes nos materiais sólidos em causa. O segundo tipo de materiais, pelo contrário, baseia-se no estabelecimento de ligações covalentes fortes entre o hidrogénio e os diversos materiais, sendo por isso chamados métodos químicos de armazenamento. Estes processos requerem mais energia para o armazenamento, mas por outro lado, são mais resistentes às perdas de hidrogénio em função do tempo. A investigação em ambos os tipos de materiais é intensa e muito provavelmente ambos serão usados no futuro pois a escolha do material para cada aplicação (transporte, queima, células de combustível, etc.) vai depender de características como o preço, estabilidade e eficiência que determinarão a sua escolha, caso a caso.

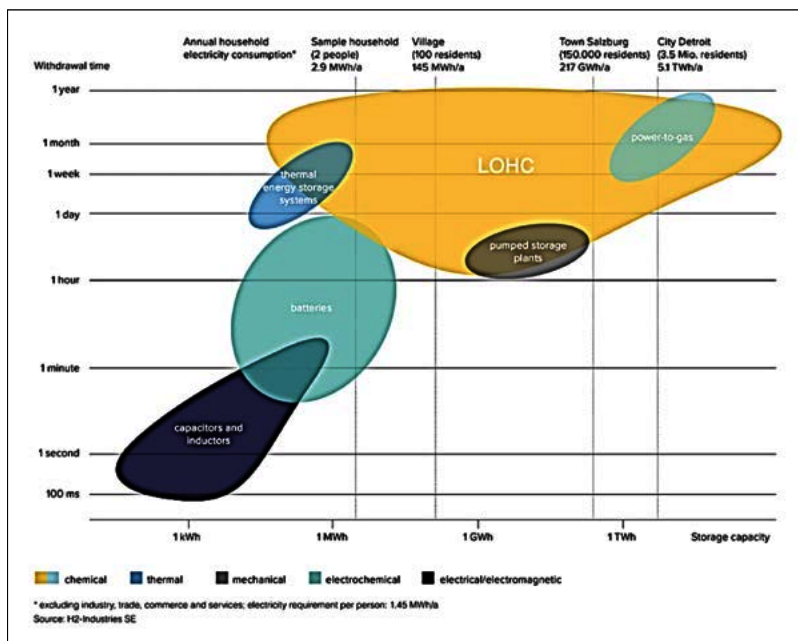
2. Materiais orgânicos

Ainda olhando para a **Figura 1** é possível observar que a grande maioria dos materiais em estudo (ou já em uso) para o armazenamento de hidrogénio (tanto por métodos físicos como por métodos químicos) contém metais na sua constituição. Isto é consequência natural da capacidade dos metais em formar estruturas microporosas rígidas e bem definidas, e em apresentarem eletrões de valência disponíveis para ligações eficientes com o hidrogénio. No entanto, apesar da sua grande eficiência no armazenamento de hidrogénio, os metais apresentam sempre dois problemas: o custo, sobretudo quando a tecnologia se quer expandir a nível mundial (veja-se o aumento do preço do lítio desde que as baterias de lítio entraram em cheio na indústria automóvel, de US\$ 4.000/kg em 2003 para US\$ 22.000/kg em 2022), e a possibilidade de exaustão dos recursos minerais de onde se extraem esses metais, pois os recursos minerais em geral são limitados e não renováveis. Daí que, recentemente, se tenham iniciado estudos sobre o armazenamento de hidrogénio em materiais puramente orgânicos, sem metais. Estes estudos sobre o armazenamento de hidrogénio em materiais orgânicos ainda estão em

desenvolvimento, mas já podemos ver alguns exemplos na **Figura 1**, como os LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers) e as esferas ocas de carbono. De facto, apesar de ser um tema de investigação ainda no início, existem *a priori* algumas vantagens interessantes no armazenamento de hidrogénio em materiais sem metais, como por exemplo a segurança e o custo, pois os materiais sem metais são geralmente mais seguros que os materiais contendo metais, e também são em geral mais baratos que os materiais contendo metais. Além disso, existe o problema da sustentabilidade e dos riscos para o ambiente. Os materiais sem metais são em regra mais amigos do ambiente que os materiais contendo metais (pois podem ser degradados) e podem ser produzidos em maior escala sem esgotar os recursos minerais. Do ponto de vista tecnológico também apresentam maior facilidade de produção em larga escala pois os materiais sem metais podem ser mais facilmente usados em termos de aplicações tecnológicas de extrusão, moldagem ou outras que exijam flexibilidade dos materiais. Esta mudança dos materiais de base metálica para os materiais de base orgânica, é quase sempre uma consequência do amadurecimento ►



◀ Figura 2: Esquema geral do funcionamento de LOHC (adaptado do *website* H2-Industries SE: h2-enterprises.com).



▲ Figura 3: Capacidade de armazenamento e tempo de estabilidade de diversos materiais (adaptado do *website* H2-Industries SE: h2-enterprises.com).

das tecnologias e existem exemplos recentes interessantes, como a migração das televisões de tubos de raios catódicos (CRT) para as televisões OLED. As CRTs utilizavam metais pesados como chumbo e fósforo, enquanto as OLEDs são compostas por materiais orgânicos que emitem

luz própria, resultando em telas mais finas, leves, flexíveis e com melhor qualidade de imagem. Outro exemplo, os transistores tradicionais, feitos de metais e semimetais, estão a aproximar-se dos seus limites físicos funcionais e sendo substituídos por transistores orgânicos, permitindo a produção de dispositivos eletrônicos

moleculares em larga escala e com baixo custo, muitas vezes impressos sobre papel, abrindo um leque de novas aplicações. Também os sensores tradicionais, geralmente feitos de metais ou cerâmicas, são rígidos e frágeis enquanto os sensores feitos em plásticos, são flexíveis, biocompatíveis e de baixo custo, ideais para aplicações em áreas como saúde, agricultura e monitorização ambiental.

De facto, a mudança de paradigma dos metais para materiais orgânicos apresentada também está presente na área das baterias, células solares, biomateriais e catálise, e começa agora a ser encarada seriamente no armazenamento e transporte de hidrogénio.

3. Armazenamento de hidrogénio

Enquanto os materiais com metais são sempre sólidos em condições normais já os materiais sem metais para armazenamento de hidrogénio podem ser líquidos ou sólidos.

Vamos apresentar alguns detalhes dos três grupos mais significativos: os LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers), o carvão ativado e os COFs (Covalent Organic Frameworks). Um exemplo de material sem metais para armazenamento de hidrogénio são os LOHC.

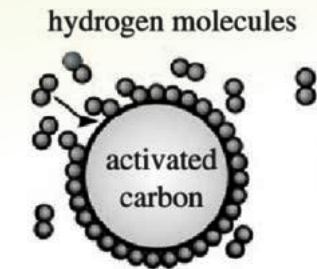
Os LOHC são líquidos que podem ser armazenados à temperatura ambiente e pressão atmosférica. O hidrogénio é ligado aos LOHC por um processo de hidrogenação e pode ser libertado por um processo de desidrogenação. Estes processos envolvem a formação e destruição de ligações covalentes (fortes) entre os compostos orgânicos insaturados (com ligações duplas ou triplas) e o hidrogénio, na fase de hidrogenação, e a correspondente libertação do hidrogénio e recuperação do LOHC, na fase de desidrogenação (Figura 2). É uma perspetiva interessante pois permite armazenar o hidrogénio por longos períodos (Figura 3) e transportá-lo nos sistemas atuais de transporte de combustíveis líquidos (*pipelines*, contentores, etc.)⁵.

Outros exemplos de materiais sem metais para armazenamento de hidrogénio são os materiais baseados em carbono como o grafeno, nanotubos de carbono, nano-fibras de grafite ou o próprio carvão (carvão ativado) (**Figura 4**). O carbono é um dos elementos químicos mais abundantes no planeta e os compostos de carbono são, em geral, fáceis de preparar na forma de pós ou de materiais com grande porosidade o que facilita a sua interação com moléculas gasosas como o hidrogénio.

De facto, os materiais de carbono referidos apresentam geralmente uma área de superfície muito alta e boas propriedades mecânicas, baixa densidade e estabilidade química significativa. Embora sejam fáceis de transportar e possam apresentar uma alta densidade energética apresentam frequentemente uma baixa reversibilidade no processo de libertação do hidrogénio, e ultimamente têm sido objeto de avaliação da sua toxicidade que pode não ser insignificante^{6,7}. Uma forma mais elaborada de armazenamento de hidrogénio em materiais orgânicos sem metais é o uso de COFs (Covalent Organic Frameworks) que são os análogos dos MOFs anteriormente referidos, mas sem metais na sua estrutura. Os COFs são materiais inovadores com propriedades únicas.

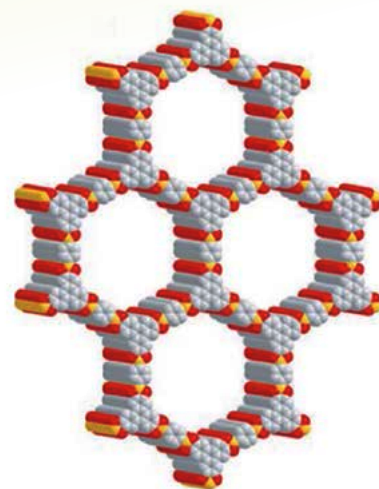
Sintetizados através da ligação de blocos de construção orgânicos, os COFs possuem poros bem definidos e uma grande área superficial, tornando-os ideais para aplicações de armazenamento de gases como o hidrogénio. A síntese tradicional de COFs envolve reações em solventes e pode ser complexa. No entanto, estão a ser desenvolvidos métodos mais ecológicos, como a síntese assistida por micro-ondas ou ultrassons, que reduzem o uso de solventes e o tempo de reação.

O sucesso dos COFs na adsorção de hidrogénio reside na sua capacidade de serem “ajustáveis”. Ao selecionar cuidadosamente os blocos de construção, podemos criar COFs com poros de tamanhos específicos e



▲ Figura 4: Esquema genérico de armazenamento de hidrogénio em carvão ativado (adaptado da referência 6).

► Figura 5: Esquema genérico do COF-5 (adaptado da referência 9).



funcionalidades químicas adequadas ao armazenamento preferencial de moléculas de hidrogénio. Os COFs não apenas armazenam bem o hidrogénio, mas também oferecem vantagens no processo inverso da sua libertação controlada. Ao ajustar o tamanho e as propriedades químicas do interior dos poros, conseguimos projetar COFs que libertam hidrogénio gradualmente, o que os torna particularmente adequados para aplicações em células de combustível. Embora os COFs sejam ainda uma área em desenvolvimento, com uma capacidade de armazenamento de hidrogénio relativamente baixa para uma implementação industrial, podem ter um futuro promissor, tendo como vantagens óbvias a alta área superficial, uma excelente porosidade e uma notável maleabilidade sintética que permite fazer um grande leque de estruturas diferentes, em função dos objetivos de armazenamento^{8,9}.

Este breve resumo mostra alguns aspetos interessantes do armazenamento de hidrogénio em materiais orgânicos sem metais que estão atualmente em desenvolvimento, e que podem a breve prazo ser uma alternativa para evitar o uso de metais no processo de armazenamento de hidrogénio. O armazenamento de hidrogénio em condições próximas da temperatura e pressão ambientes é uma área de grande interesse tecnológico e de grande impacto social no processo de descarbonização em que a nossa sociedade está empenhada. ●

REFERÊNCIAS

1. “A comprehensive review of hydrogen production and storage: A focus on the role of nanomaterials”, Emmanuel I. Epelle, Kwaghtaver S. Desongu, Winifred Obande, Adekunle A. Adeleke, Peter P. Ikubanni, Jude A. Okolie, Burcu Gunes, International Journal of Hydrogen Energy, 47, 20398 - 20431 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.04.227>
2. “Hydrogen Storage in Metal-Organic Frameworks”, Yun Hang Hu, Lei Zhang, Adv. Mater., 22, E117-E130 (2010). <https://doi.org/10.1002/adma.200902096>
3. “Enhanced hydrogen adsorption properties of mesoporous nano-TiO₂@SnO₂”, Saravanan Rajendran, Lalitha Gnanasekaran, Tuan K.A. Hoang, D. E. Diaz-Droguett, F. Gracia, M. A. Gracia-Pinilla, Fuel, 334, 126686 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126686>
4. “Metal hydrides for hydrogen storage - Identification and evaluation of stationary and transportation applications”, Chris Drawer, Jello Lang, Martin Kaltschmitt, Journal of Energy Storage, 77, 109988 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.jest.2023.109988>
5. “Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) - Assessment based on chemical and economic properties”, Matthias Niermann, Alexander Beckendorff, Martin Kaltschmitt, Klaus Bonhoff, International Journal of Hydrogen Energy, 44, 6631 - 6654 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.199>
6. “Recent Developments in Materials for Physical Hydrogen Storage: A Review”, Thi Hoa Le, Minsoo P. Kim, Chan Ho Park, and Quang Nhat Tran, Materials, 17, 666 (2024). <https://doi.org/10.3390/ma17030666>
7. “An assessment of the cytotoxic effects of graphene nanoparticles on the epithelial cells of the human lung”, Nafiseh Nasirzadeh, Mansour Rezaazadeh Azari, Yahya Rasoulzadeh, Yousef Mohammadian, Toxicology and Industrial Health, 35, 79-87 (2019). <https://doi.org/10.1177/0748233718817180>
8. “Covalent Organic Frameworks as Exceptional Hydrogen Storage Materials”, Sang Soo Han, Hiroyasu Furukawa, Omar M. Yaghi, William A. Goddard III, J. Am. Chem. Soc., 130, 11580-11581 (2008). <https://doi.org/10.1021/ja803247y>
9. “Applications of covalent organic frameworks (COFs): From gas storage and separation to drug delivery”, Ming-Xue Wu, Ying-Wei Yang, Chinese Chemical Letters 28, 1135-1143, (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccl.2017.03.026>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Química de Coimbra (CQC) que é apoiado pela FCT através dos projetos UIDB/00313/2020 e UIDP/00313/2020 e ao CFisUC que é apoiado pela FCT através dos projetos UIDB/04564/2020 e UIDP/04564/2020.



1. Investigador Auxiliar com Agregação, Departamento de Química, FCTUC, Universidade de Coimbra, autor correspondente: asobral@ci.uc.pt
2. Estudante de Doutoramento do Departamento de Química, FCTUC, Universidade de Coimbra
3. Professor Associado com Agregação, Departamento de Física, FCTUC, Universidade de Coimbra



Hidrogénio em Le Mans

Com base no concept Alpenglow, modelo fundador da investigação Renault nos motores de combustão a hidrogénio para automóveis desportivos, com potencial para um elevado desempenho, atualmente o **Alpine Alpenglow Hy4** é um verdadeiro laboratório rolante concebido como um automóvel de competição, com base numa monocoque em carbono e de um motor 2.0 turbo de 4 cilindros que desenvolve 340 cavalos. A Alpine concilia a inovação ambiental e o desempenho, através desta tecnologia de motor de combustão a hidrogénio, com uma nova abordagem para a descarbonização da competição automóvel e uma possível via para os automóveis desportivos. O protótipo

Alpine Alpenglow Hy4 aperfeiçoou ainda mais o seu *design*, para se tornar num futuro hipercarro, fazendo a ponte entre a competição e a estrada. Tem agora um *cockpit* de dois lugares e adota várias características sinónimas de desempenho, como um volante de competição e novas jantes que evocam uma sensação de velocidade. O seu *design* também revela muitos indícios das futuras evoluções estilísticas da marca. Depois de um teste na prova 6 Horas de Spa-Francorchamps, o Alpine Alpenglow Hy4 segue para a próxima edição das 24 Horas de Le Mans, que se realiza nos dias 14 e 15 de junho.



Comboio H2 em Portugal

Entre 3 e 6 de abril, um comboio movido a H2 circulou na Linha do Minho, com o objetivo de testar e demonstrar o potencial desta tecnologia como alternativa aos comboios a *diesel*, contribuindo assim para um sistema de transporte ferroviário mais limpo e sustentável. O projeto europeu **FCH2RAIL** desenvolveu este comboio demonstrador bimodal com pilhas de combustível a hidrogénio e concluiu com sucesso os testes em Portugal. A iniciativa integrou a campanha de testes iniciada em maio de 2023 na rede ferroviária espanhola. Após os testes em Portugal, o comboio já percorreu mais de 8.500 km em modo de hidrogénio. O objetivo é avaliar o comportamento e a fiabilidade de todo o sistema de hidrogénio e bateria, bem como o sistema

de gestão de energia desenvolvido. Através da realização de testes em diferentes linhas e itinerários, pretende-se demonstrar o potencial desta tecnologia como alternativa aos comboios a *diesel*, contribuindo assim para um sistema de transporte ferroviário mais limpo e sustentável. O projeto também é apoiado por empresas, como a STELLANTIS, que cedeu a utilização das suas instalações em Porriño (Pontevedra) para reabastecer o comboio durante a fase de testes em Portugal, a MEDWAY, que forneceu os maquinistas para a operação do comboio e a IBERDROLA, para o fornecimento de hidrogénio verde.



Estudantes do Técnico com mobilidade H2

O Salão Nobre do Instituto Superior Técnico acolheu o evento de *roll out* do carro movido a hidrogénio desenvolvido pelos estudantes do **Técnico Fuel Cell (TFC)**. Com 130kg, um formato inspirado numa gota de água e apenas uma roda motriz por motivos de eficiência, o protótipo apresenta uma tecnologia de célula de combustível PEM (Proton Exchange Membrane). A utilização de hidrogénio como combustível garante a produção de energia limpa e sustentável para alimentar o motor elétrico do veículo. Desta forma, em vez de fumos poluentes, sai água pura como resíduo.

Portugal no leilão de hidrogénio

O **Ministério do Ambiente e Energia** emitiu uma nota em que saúda a inclusão de dois projetos portugueses, o **Grey2Green-2** e o **MP2X**, entre os sete selecionados através do primeiro procedimento de concurso competitivo no âmbito do Banco Europeu do Hidrogénio. Trata-se de um resultado de grande significado, considerando um total de 132 candidaturas, oriundas de 17 países, a este primeiro leilão de hidrogénio, mas também o facto de os dois projetos nacionais, em conjunto com um projeto de Espanha, terem recebido 590 milhões de euros, num total de 720 milhões de euros agora atribuídos. Simultaneamente, "os resultados representam uma grande responsabilidade, uma vez que os projetos têm de dar início à produção até 2029. O MAEn está confiante na capacidade das candidaturas portuguesas para cumprirem os encargos assumidos", lê-se no documento. No seu conjunto, os sete projetos selecionados deverão produzir um total de 1,58 milhões de toneladas de hidrogénio por ano. A União Europeia assumiu a meta de chegar aos 10 milhões de toneladas de hidrogénio produzido internamente até 2030.



LISBON ENERGY SUMMIT & EXHIBITION 2024

27 - 29 MAY 2024

FIL - Lisbon Exhibition & Congress Centre
Lisbon | Portugal

150+

SPONSORS AND EXHIBITORS

250+

INDUSTRY LEADING SPEAKERS

3,000+

GLOBAL ATTENDEES

90+

COUNTRIES REPRESENTED



GREEN HYDROGEN



WIND & SOLAR



CARBON MITIGATION

CREATING TOMORROW'S ENERGY SYSTEM TODAY



ENERGY STORAGE



LNG

FOR MORE INFO ON PARTICIPATING



Jonathan Haselden

Event Director

sales@lisbonenergysummit.com

lisbonenergysummit.com



FROM THE ORGANISERS OF



ORGANISED BY





Liderar em mobilidade e energia sustentável, rumo a um futuro melhor para todos.

Na Cepsa, estamos empenhados em transformar a nossa atividade para liderar a **transição energética e a mobilidade sustentável** em Portugal e Espanha.



DESCUBRA O NOSSO COMPROMISSO
EM [CEPSA.COM](https://www.cepsa.com)