



# H2 magazine

N.º 21 SETEMBRO OUTUBRO 2025 REVISTA BIMESTRAL 4€

: AP2H2  
: Jornadas do  
: Hidrogénio 2025

: NACIONAL  
: Projeto PtX Sines,  
: inovação em H2 Verde

: TECNOLOGIA  
: Combustão de hidrogénio  
: em turbinas a gás



**HIDROGÉNIO VERDE EM PORTUGAL**  
**É PRECISO ACELERAR**  
**A IMPLEMENTAÇÃO**  
**DE PROJETOS**



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
PARA A PROMOÇÃO DO HIDROGÉNIO

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

PARTILHE  
ESTA  
MISSÃO!

**FORMAÇÃO 2025**  
Informações: [www.ap2h2.pt](http://www.ap2h2.pt)  
em Plano de Formação 2025

Visite-nos: [www.ap2h2.pt](http://www.ap2h2.pt)

Mais informações: [info@ap2h2.pt](mailto:info@ap2h2.pt)

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

Contacte-nos:   
Edifício Expoeste - Av. Infante D. Henrique nº 2, 2500 - 108 Caldas da Rainha



**6****DESTAQUE**

**Jornadas Nacionais do Hidrogénio 2025 - Pilar da Sustentabilidade Energética**

**14****TECNOLOGIA**

**Combustão de hidrogénio em turbinas a gás**

**24****MOBILIDADE**

**Aplicação de normas técnicas nas estações de abastecimento de Hidrogénio Gasoso**

**SETEMBRO OUTUBRO 2025 N.º 21**

**Editorial**

**4 Jornadas do H2: o futuro sustentável em debate**

**Destaque**

**6 Jornadas Nacionais do Hidrogénio 2025 - Pilar da Sustentabilidade Energética**

**8 Acelerar a implementação de projetos de Hidrogénio Verde em Portugal**

**Empresa**

**12 Siemens - 120 anos a pensar no futuro de Portugal**

**Tecnologia**

**14 Combustão de hidrogénio em turbinas a gás**

**16 Produção de amoníaco: da tradição à inovação**

**20 Tecnologias de sensorização para otimizar o desempenho de células a combustível de hidrogénio**

**Mobilidade**

**24 A importância da aplicação das normas técnicas nas estações de abastecimento de Hidrogénio Gasoso**

**28 Petrotec e Salvador Caetano inauguram estação de hidrogénio em Portugal**

**Nacional**

**29 WinPower e Axpo lançam projeto inovador de hidrogénio verde em Portugal**

**30 EDP produz e injeta molécula de hidrogénio**

MENSAGEM DO PRESIDENTE

# Jornadas do H2: o futuro sustentável em debate



José Campos Rodrigues

**A**s Jornadas do H2, são um dos mais significativos encontros dedicados ao hidrogénio em Portugal, reunindo especialistas, investigadores, representantes da indústria e decisores políticos para debater o papel central do H2 na transição energética.

Num contexto de urgência climática, estas jornadas assumem uma relevância inquestionável, colocando o hidrogénio renovável no epicentro das estratégias para atingir a neutralidade carbónica.

Os diversos painéis debaterão as condições para que o hidrogénio seja economicamente competitivo. A aposta em projetos-piloto, infraestruturas de armazenamento e transporte, bem como em parcerias nacionais e internacionais, são o caminho para o setor conseguir avançar a passos largos. Contudo, persistem desafios regulatórios, financeiros e logísticos que exigem respostas concertadas em tempo útil e uma visão de longo prazo.

Um dos pontos altos das Jornadas será a apresentação de casos práticos, onde empresas nacionais e internacionais partilham experiências de implementação do H2 em setores tão diversos como a mobilidade, descarbonização da indústria e produção energética. As diversas intervenções abordarão não só os avanços tecnológicos, mas também os obstáculos enfrentados, desde custos de produção até questões de segurança e aceitação social. A discussão aberta e transparente entre os vários intervenientes é fundamental para que se criem soluções integradas e adaptadas às diferentes realidades regionais.

Outro tema a merecer destaque é o papel das políticas públicas. Para o hidrogénio se afirmar como fonte energética global, é imprescindível que haja uma articulação eficaz entre governos, instituições europeias e setor privado. Incentivos fiscais, apoios à investigação e regulamentação clara são elementos-chave para criar um ecossistema favorável ao desenvolvimento do H2.

Além da componente técnica, as Jornadas do H2 proporcionam momentos de reflexão sobre o impacto social e ambiental do hidrogénio. A transição para uma economia baseada em H2 pode ser um motor de criação de emprego qualificado e de revitalização de zonas industriais em declínio, enquanto contribui para a redução das emissões de gases com efeito de estufa. No entanto, é essencial garantir que esta transição seja justa, inclusiva e que não se reproduzam desigualdades existentes.

A diversidade de vozes e perspetivas, será a garantia de que o hidrogénio está no caminho certo para se tornar um pilar estratégico da nova era energética. É crucial que esta dinâmica se mantenha, com mais eventos, debates e iniciativas capazes de envolver toda a sociedade na construção de um futuro sustentável.

A H2 Magazine, ao dar destaque a estas jornadas, cumpre o seu papel de plataforma de divulgação, reflexão e diálogo. O futuro do hidrogénio depende da capacidade coletiva de inovar, partilhar conhecimento e agir com visão e coragem.

Que este editorial inspire todos os leitores a participar ativamente neste movimento global pelo desenvolvimento sustentável. ●



Presidente do CA da AP2H2



# 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.



## JORNADAS DO HIDROGÉNIO

# Jornadas do Hidrogénio 2025

H<sub>2</sub>(V) - Pilar da Sustentabilidade Energética



## Hidrogénio como pilar da Sustentabilidade

**F**ace às mudanças climáticas e às exigências de transição energética, o hidrogénio emerge como a chave para desbloquear uma economia mais sustentável e de baixo carbono. As Jornadas do Hidrogénio promovidas pela AP2H2 reúnem especialistas, académicos, líderes empresariais e representantes governamentais com um objetivo comum: discutir o papel do hidrogénio na transição energética global construindo um futuro energético mais limpo.

O tema central do encontro é “Hidrogénio como Pilar da Sustentabilidade”, visando destacar o potencial do H<sub>2</sub>(V) em Portugal, e como o país pode ser um líder global na transição energética. Com uma localização estratégica e recursos naturais abundantes, Portugal tem a oportunidade e o desafio de se tornar um dos principais produtores de

H<sub>2</sub>(V) verde no mundo, contribuindo para uma economia mais sustentável.

Do amplo programa do evento, destacamos os painéis com os temas: Panorâmica global do H<sub>2</sub> (V), com foco na Europa; Uma mobilidade sustentável - H<sub>2</sub>(V) e seus Derivados no Transporte (Rodoviário, Marítimo e Terrestre); Uma Perspetiva Nacional; as Redes de H<sub>2</sub>(V) - Descarbonização da Economia e a Rede Nacional de H<sub>2</sub>(V); da Teoria à Prática; Regulamentação/Segurança Licenciamento - Enquadramento legal e regulamentar, desafios sentidos pelas entidades licenciadoras e possíveis caminhos de simplificação; Economia do H<sub>2</sub>(V): Desafios e oportunidades nacionais - Modelos de negócio/O custo do H<sub>2</sub>(V); e a Mesa Redonda: A Estratégia Nacional de H<sub>2</sub>(V) (ENH2) e o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC) em debate. Onde estamos? ●

## Crescente dinamismo e exigência regulatória

É com elevado apreço que assumo a moderação do Painel 4 das Jornadas do Hidrogénio, dedicado ao enquadramento legal e regulamentar do setor. Este painel procurará abordar os principais desafios que se colocam às entidades licenciadoras e aos promotores de projetos, num contexto de crescente dinamismo e exigência regulatória. Pretende-se promover um debate esclarecedor sobre a complexidade dos atuais processos de licenciamento, identificando oportunidades de harmonização e simplificação administrativa, em linha com as melhores práticas europeias. O objetivo é contribuir para um quadro normativo mais eficiente, transparente e previsível, capaz de reforçar a confiança dos investidores e acelerar a concretização dos projetos de hidrogénio em Portugal. Este será um espaço de diálogo construtivo entre entidades públicas e privadas, orientado para soluções que sustentem uma transição energética segura, competitiva e sustentável.

Nuno Gonçalves, DH2



## Uma mobilidade sustentável

O hidrogénio verde e os seus derivados representam uma oportunidade estratégica para a descarbonização dos transportes em Portugal, promovendo segurança energética e inovação industrial. No transporte rodoviário, o hidrogénio complementa a eletrificação por baterias, oferecendo maior autonomia aos veículos. A nível marítimo, o uso de amónia e metanol verdes pode substituir os combustíveis fósseis, reduzindo emissões e reforçando a competitividade portuária e naval. Paralelamente, os motores de combustão interna e as turbinas adaptadas ao hidrogénio evoluem rapidamente, apresentando rendimentos crescentes e menores emissões. Os combustíveis sintéticos, como e-diesel, metanol, amoníaco e SAF, surgem como alternativas viáveis para setores difíceis de eletrificar, embora ainda enfrentem desafios em custos, eficiência e infraestruturas. Portugal, integrando estas tecnologias, pode liderar uma transição equilibrada e sustentável para a mobilidade de baixo carbono.

Vasco Amorim, INESC-TEC | UTAD



## Modelos de negócio/O custo do H2 /Hydrogen Valley

Este painel analisa os fatores que podem permitir a descolagem, em Portugal, do H2V para uma estratégia sustentável do ponto de vista económico e financeiro:

- Que modelos de negócio são mais exequíveis: vales de hidrogénio locais, exportações ou aplicações em mobilidade?

- Convergência para a paridade de custos: quais poderão ser as componentes de custos (eletricidade renovável, CAPEX, preço do CO2 e do gás natural, transporte) que poderão contribuir, de forma mais decisiva, para reduzir a desvantagem competitiva do H2V em relação às alternativas fósseis?

- Que estratégias empresariais e decisões de política pública devem ser adotadas face à incerteza tecnológica e da procura?

- Se o H2V nunca atingir a paridade, com base em que pressupostos poderia fazer sentido manter a sua produção e utilização?

A Agência Internacional da Energia publicou recentemente o relatório Global Hydrogen Review 2025 que faz uma análise à escala global destas questões. As notícias não são luminosas, mas fica a percepção que se vislumbra uma luz ao fundo do túnel.

Vitor Santos, ISEG



## Criar ecossistemas colaborativos

O mercado global de hidrogénio verde está evoluindo rapidamente, e a Península Ibérica – especialmente Portugal – tem papel estratégico nessa transformação. Na minha apresentação, vou destacar a importância de criar ecossistemas colaborativos entre empresas, que compartilham conhecimento e tecnologia para acelerar essa jornada. A Siemens é uma dessas parceiras, com forte expertise em hidrogénio. O projeto WUN H2, em Wunsiedel, Alemanha, é um exemplo concreto: uma planta de 8,75 MW que produz até 1.350 toneladas de hidrogénio verde por ano, utilizando energia 100% renovável. Essa iniciativa reduz até 13.500 toneladas de CO2 anualmente e mostra como inovação, sustentabilidade e cooperação podem gerar impacto real. É um modelo replicável para Portugal e outras regiões que desejam liderar a transição energética.

Mariana Vaz Sigoli, Siemens



# a visão dos moderadores

## Afirmação e posicionamento da AP2H2

A realização das Jornadas do Hidrogénio, sob a égide da Associação Portuguesa para a Promoção do Hidrogénio (AP2H2) representa uma iniciativa necessária e oportuna no contexto atual por três ordens de razões:

**1)** Em primeiro lugar, por estar em causa um evento que, a todos os títulos, tem justificação no panorama energético nacional. Em paralelo face ao que já sucede com eventos congêneres, as Jornadas do Hidrogénio representarão, estou certo, um evento por excelência para a discussão dos principais desafios ao desenvolvimento da cadeia de valor do vetor Hidrogénio, a sua (necessária) convivência com outros vetores e, em termos mais amplos, a sua relação com as políticas públicas;

**2)** Em segundo lugar, por estar em causa um evento que permitirá, nos vários painéis de discussão, clarificar posições e debater desafios e oportunidades relativos ao atual estado de maturação da cadeia de valor do Hidrogénio, tanto na Europa como em Portugal.

**3)** Em terceiro e último lugar, todavia não menos relevante, acredito firmemente que as Jornadas servirão igualmente um propósito de afirmação e posicionamento da AP2H2 enquanto associação setorial de referência no vetor Hidrogénio, capaz de representar as várias sensibilidades dos seus associados e participar, porventura de forma revigorada e reforçada, no debate público em torno do referido vetor, bem como promover uma postura proativa e participativa no desenho das principais opções de política pública em seu redor, com o necessário diálogo com a tutela e os demais intervenientes (públicos e privados).

Por tudo isto, estou absolutamente convicto do sucesso das Jornadas do Hidrogénio, manifestando a honra pessoal, enquanto membro da Direção da AP2H2, em poder dar o meu contributo para o evento.

Filipe de Vasconcelos Fernandes,  
Membro da Direção da AP2H2



# Acelerar a implementação de projetos de Hidrogénio Verde em Portugal

Portugal definiu metas ambiciosas para alcançar a neutralidade carbónica até 2050, e o hidrogénio verde é um vetor estratégico dessa transição. A sua implementação, porém, enfrenta desafios técnicos, económicos e regulatórios, bem como a percepção errada de que concorre com outras soluções como a eletrificação ou o biometano – quando, na verdade, são complementares.



Manuel Ferreira<sup>+</sup>

**E**m 2016, na Conferência das Partes (COP), Portugal assumiu o objetivo de atingir a Neutralidade Carbónica até 2050. Foi desenvolvido o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) que estabeleceu a visão, as trajetórias e as linhas de orientação para as políticas e medidas a concretizar nesse horizonte temporal. Um documento em que se concluiu que é na década 2021-30 que se devem concentrar os maiores esforços de redução de emissões de Gases com Efeitos de Estufa (GEE).

Neste contexto, a incorporação progressiva de hidrogénio de origem renovável no mix energético nacional foi um dos vários caminhos considerados na recente revisão do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), que é o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030.

### **Desafios à introdução do hidrogénio no mix energético**

No entanto, a introdução do hidrogénio renovável no mix energético nacional continua a ser um objetivo repleto de desafios, dos quais destaco:

- 1) A necessidade de sucesso na instalação de nova capacidade de produção de energia elétrica renovável;
- 2) o licenciamento de projetos em tempo útil apesar do grande carácter de novidade que representam para as autoridades e populações;
- 3) o chamado “Off-take”, ou seja, a disponibilidade do Cliente final para pagar o diferencial de preço face a alternativa fóssil - tipicamente o gás natural.

### **As expectativas para o hidrogénio verde**

No entanto, e na nova revisão do PNEC 2030, prevê-se a instalação de uma capacidade líquida de produção (output) de H2 de 3GW até 2030, aos quais corresponderão 8,6GW de nova capacidade de geração de eletricidade renovável, que significa cerca de 18% do objetivo global de 47GW de potência elétrica renovável em 2030.

Para auxiliar os agentes do setor neste ponto, a APREN (Associação Portuguesa de Energia Renovável), desenvolveu um importante documento, em colaboração com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG): O Guia de Licenciamento de Projetos de Energia Renovável Onshore. A importância deste guia e de todas as medidas que visem acelerar

o aumento da capacidade de produção de energia renovável é inquestionável para a aceleração da implementação dos projetos e dos investimentos associados ao hidrogénio.

### **Desafios para os promotores**

Se a aceleração da execução das tipologias de projeto como os de produção de eletricidade renovável é um desafio, imagine-se agora o desafio que é para promotores, entidades licenciadoras e Clientes o desenvolvimento de projetos de produção de hidrogénio através de eletrólise. Sendo esta uma tecnologia madura, é uma novidade ao nível da sua implementação em Portugal.



*No médio/longo prazo, se descarbonizar for um imperativo, a comparação com combustíveis fósseis deixa de fazer sentido*

Neste contexto, é essencial gerar confiança nas populações e dotar as entidades licenciadoras de recursos e conhecimentos sobre a importância destes projetos, nomeadamente para as indústrias com maiores necessidades de descarbonização. Para isto deve-se privilegiar uma comunicação próxima entre todos os intervenientes e olhar para exemplos de metodologias e projetos já implementados noutras geografias.

Assim é necessário que se divulgue a vantagem competitiva para o país da diversificação do portfolio de descarbonização e do impacto direto no aumento da autonomia energética do nosso país, por via da incorporação de hidrogénio renovável no mix energético ▶

nacional. A percepção da importância destes vetores torna-se essencial para a aceleração dos projetos de hidrogénio, uma vez que a competitividade deste vetor energético ainda não é a força motriz para a sua disseminação.

### **Hidrogénio vs. Alternativas**

Nesta altura, o hidrogénio renovável surge como opção complementar de descarbonização, mas, à semelhança de outras alternativas de descarbonização, é normalmente comparado com as alternativas fósseis, tipicamente com o gás natural quando nos referimos a aplicações industriais. Esta comparação faz sentido no curto/médio prazo, quando descarbonizar é ainda sentido como uma opção. No médio/longo prazo, se descarbonizar for de facto um imperativo, seja ele legal ou estratégico, então a comparação entre alternativas de descarbonização e combustíveis fósseis deve ser feita com as devidas cautelas pois só uma das opções satisfaz a necessidade.

Atualmente encontramo-nos num contexto ainda de transição em que alternativas de descarbonização, que não o hidrogénio renovável, estão também em desenvolvimento. Destaco os exemplos do biometano e das tecnologias de eletrificação dos equipamentos que atualmente consomem gás nos processos produtivos industriais.

### **Hidrogénio e Biometano**

Também a implementação de um quadro regulatório para o desenvolvimento do mercado de biometano tem impacto na celeridade de implementação de projetos de hidrogénio cujo foco seja a indústria. O biometano tem uma composição química muito próxima da do gás natural de origem fóssil e é percecionado como podendo vir a ter um custo inferior ao do hidrogénio de origem renovável. Desta forma, as indústrias tenderão a dar-lhe primazia, assim que o quadro regulatório para o biometano esteja definido e apontar no sentido de permitir o uso das garantias de origem associadas

à produção de biometano, para compensação das emissões de carbono. Só depois desta clarificação ficará mais evidente o nível de escassez da disponibilidade de biometano para a descarbonização da indústria, o que trará inevitavelmente um maior interesse por projetos de hidrogénio renovável, por parte das indústrias.



*O hidrogénio será uma peça essencial num portefólio diversificado de soluções para descarbonizar a indústria portuguesa*

### **Hidrogénio e Eletricidade**

Por outro lado, o desenvolvimento de soluções de eletrificação que satisfaçam os critérios de custo, fiabilidade e produtividade é outro dos fatores relevantes para a definição do espaço que o hidrogénio renovável pode vir a ter em aplicações térmicas industriais. É sabido que a total eletrificação de processos industriais com necessidades térmicas acima de 1000 °C é extremamente complexa e que a diversificação das fontes de energia disponíveis para a alimentação destes processos confere maior resiliência a eventuais constrangimentos no fornecimento de alguma das outras formas de energia.

Contudo, há de facto um espaço a percorrer na eletrificação de alguns processos industriais, que podem no médio prazo vir a inverter a ordem de predominância entre gás/electricidade, passando a eletricidade a ser a energia predominante e o hidrogénio a desempenhar um papel de estabilização e complementaridade energética ao processo produtivo.

### **Hidrogénio e competitividade**

Para que o hidrogénio renovável possa acelerar e ser uma alternativa com expressão na descarbonização da indústria, é também necessário que seja competitivo. Um dos pontos críticos à sua competitividade é o custo da eletricidade para a sua produção. Atualmente, só os custos com tarifas de acesso de eletricidade já colocam o preço do hidrogénio renovável ao nível do custo do gás natural fóssil, pelo que medidas ao nível da minimização destes custos para a produção de hidrogénio renovável (tal como já implementado noutras países) e incentivos ao seu consumo poderão também desempenhar um papel relevante na aceleração de implementação de projetos de hidrogénio verde em Portugal.

A aceleração da economia do hidrogénio verde em Portugal dependerá da criação de condições adequadas para o seu desenvolvimento, da clareza regulatória, da disponibilidade de energia renovável competitiva e de projetos bem direcionados para usos industriais estratégicos. É igualmente essencial fomentar o diálogo entre promotores, entidades públicas e consumidores finais, criando um ecossistema informado e colaborativo.

Eventos como os promovidos pela Ap2H2 são um exemplo de como promover esta partilha de conhecimento e impulsionar a confiança no setor. ●



Business Developer, REGA Energy

SIEMENS

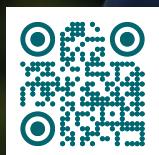
# Desafiámos Portugal a olhar para o **futuro**

"As pessoas e a tecnologia vão contribuir para que toda a energia seja 100% renovável e sustentável."

Maria Neves, Sales Support Professional



E tu, como  
vês o futuro?



120  
Siemens Portugal

SIEMENS

# 120 anos a pensar no futuro de Portugal

**D**esde a chegada a Portugal, no início do século XX, a Siemens tem contribuído de forma contínua para o desenvolvimento do país, numa relação que atravessa várias gerações. Um breve olhar sobre a história mostra a presença da empresa em vários dos momentos mais marcantes para Portugal: no processo de eletrificação nacional, no desenvolvimento do setor dos transportes ou em grandes eventos nacionais, como a Expo'98 ou o Euro 2004.

Da indústria às infraestruturas, da mobilidade à saúde e energia, a empresa tem contribuído para transformações profundas em vários setores da economia.

O objetivo tem sido, e continua a ser, claro: desenvolver tecnologia que responda aos desafios mais prementes do presente e que permita construir um futuro melhor. No contexto atual, marcado por desafios de diferentes naturezas - desde alterações climáticas e demográficas à escassez de recursos humanos e naturais - é crucial um esforço conjunto, unindo empresas, indústria, academia e governo. Só assim será possível escalar e aplicar as inovações necessárias para uma descarbonização e transformação digital bem-sucedidas.

Foi precisamente com esta visão que, no ano em que celebra 120 anos em Portugal, a Siemens lançou uma campanha que desafia o país a pensar sobre o futuro. No âmbito desta iniciativa, a empresa convidou 12 associações empresariais, representativas de mercados verticais críticos para o crescimento e desenvolvimento do país, a partilhar as suas perspetivas no relatório “Visões do Futuro - Setores estratégicos que impulsionam Portugal”.

Entre esses setores está o do hidrogénio verde, analisado pela AP2H2, que, perante as ambições europeias de autonomia energética, tem vindo a afirmar-se como um elemento-chave. Este setor terá um papel fundamental na descarbonização da economia, sobretudo em áreas de difícil eletrificação direta, onde outras soluções se mostram insuficientes para cumprir as metas ambientais.

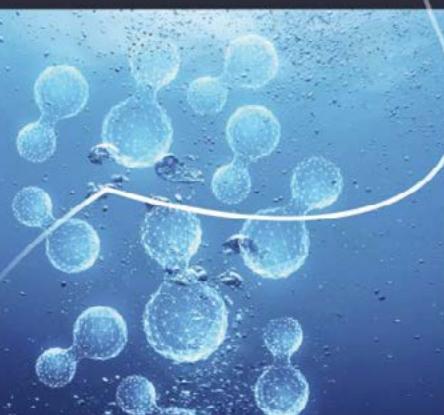
O potencial é enorme, mas persistem desafios, nomeadamente a complexidade da rede, que tenderá a aumentar, e a escalabilidade da produção de hidrogénio de forma economicamente viável e sustentável. Para responder a estes desafios, para além o portfólio tipicamente usado neste tipo de indústria, como os equipamentos de automação, sistemas de distribuição de energia, acionamentos elétricos, instrumentação ou comunicações industriais, a Siemens desenvolveu um portefólio digital inovador, dentro do ecossistema Siemens Xcelerator, que pode ajudar o país a afirmar-se como exportador de hidrogénio verde, tecnologia e engenharia.

Entre as várias soluções estão o configurador de Fábricas de Hidrogénio, o assistente Comos AI para engenharia integrada, Siemens Predictive Analytics com AI Agent, o módulo SFC Generation para SIMATIC PCS neo, para o rápido desenvolvimento de sistemas DCS, assim como gémeos digitais e simulações avançadas, ou para a energia, dispositivos avançados de proteção (SIPROTEC), gestão (EMS) e planeamento de redes de distribuição (SIMARIS). Estas ferramentas permitem agilizar o design e engenharia, automatizar processos e aumentar a eficiência operacional, tornando as fábricas mais conectadas e otimizadas.

**Soluções digitais podem reduzir custos do hidrogénio de baixo carbono (LCOH) até 12%**  
Embora seja inegável o potencial do hidrogénio verde para descarbonizar indústrias mais desafiantes, como a química, petroquímica, cimento, vidro e cerâmica, a sua viabilidade económica mantém-se até hoje um dos grandes desafios.

Neste contexto, a aplicação de soluções digitais ao longo das diferentes fases dos projetos de hidrogénio de baixo carbono - desde o design à operação e gestão de ativos -, desempenham um papel fundamental. Segundo uma análise recente da Capgemini, em parceria com a Siemens,

**Accelerating low-carbon hydrogen and cutting costs with digital technology**



Capgemini  SIEMENS



“

*A Siemens apresenta a experiência, ferramentas e soluções para toda a cadeia de valor do Hidrogénio*

estas soluções podem reduzir os custos (LCOH) até 12%, representando uma vantagem competitiva para países e empresas que liderem esta transição. Plataformas como a Hydrogen Performance Suite, desenvolvida pela Siemens, são um exemplo de soluções que permitem a criação de fábricas digitais totalmente conectadas, melhorando a flexibilidade operacional, otimizando processos e reduzindo custos de operação.

Este estudo conjunto da Siemens e da Capgemini foi desenvolvido com o intuito de impulsionar a transformação digital em toda a cadeia de valor do hidrogénio de baixo

carbono, onde a Siemens contribuiu com soluções avançadas de digitalização e automação.

Um dos pontos centrais é o conceito da fábrica digital de hidrogénio, que integra um gémeo digital holístico. Esta abordagem não só otimiza em tempo real e diminui os custos de produção, mas também melhora significativamente as decisões relacionadas com investimentos, o planeamento básico, a construção da fábrica e as operações. Além do gémeo digital, o estudo aborda outras temáticas cruciais, como as soluções de rastreabilidade. Estas são essenciais para que os utilizadores finais e as autoridades públicas certifiquem a intensidade de carbono do hidrogénio produzido, assegurando a sua comercialização e rentabilidade num mercado cada vez mais regulamentado. Outro aspecto relevante são os modelos e bibliotecas de engenharia, automação, modelação e simulação, pré-projetados, prontos para serem utilizados na implementação de fábricas de hidrogénio. Estes permitem que diversos utilizadores, como os EPCs e os operadores, adotem soluções de engenharia pré-configuradas para situações específicas, tornando o processo de implementação mais rápido e eficiente.

A Siemens apresenta assim a experiência, ferramentas e soluções para toda a cadeia de valor do Hidrogénio, com vista a acelerar o desenvolvimento desta indústria tão relevante para Portugal. ●

## DESCARBONIZAÇÃO

# Combustão de hidrogénio em turbinas a gás



João Bandeira Santos

**Q**ueria partilhar alguns desenvolvimentos e insights impressionantes sobre o uso do hidrogénio como combustível em turbinas a gás, que desempenha um papel crucial na descarbonização do setor energético. A Siemens Energy está na vanguarda desta revolução, desenvolvendo novas turbinas a gás e centrais de ciclo combinado projetadas para queimar hidrogénio ou misturas de gás combustível ricas em hidrogénio. Adicionalmente, as turbinas a gás da Siemens Energy em operação podem ser atualizadas para utilizar hidrogénio como combustível ou como uma mistura de combustível.

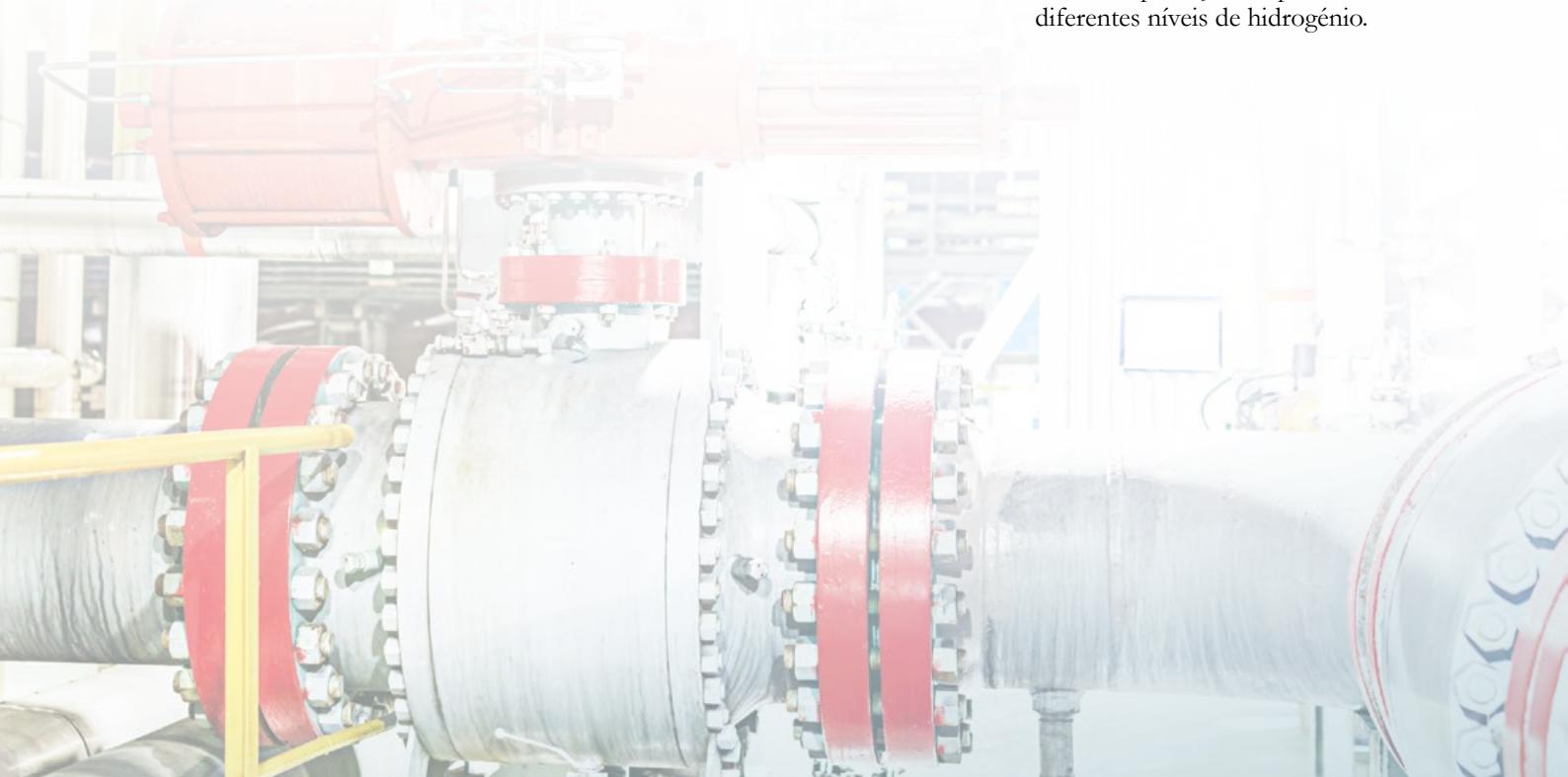
Observando as tendências de mercado e os fatores que impulsionam o uso do hidrogénio, este é cada vez mais reconhecido como um elemento-chave na ligação de setores para descarbonizar a energia em vários setores de consumo. Com fontes de energia renováveis intermitentes a exigir centrais hidroelétricas e de ciclo combinado flexíveis, a queima de combustível sustentável, como o hidrogénio, torna-se essencial para descarbonizar completamente o sistema de energia. Além disso, a re-eletrificação do hidrogénio “verde”, produzido em eletrolisadores a partir de energia renovável, em centrais de ciclo combinado, oferece uma solução de armazenamento de energia a longo prazo em forma química.

Alternativamente, ao substituir o gás natural por hidrogénio “azul” obtido a partir de gás natural com captura e armazenamento de carbono, podemos reduzir significativamente ou eliminar as emissões de CO<sub>2</sub>.

## Tecnologia de combustão

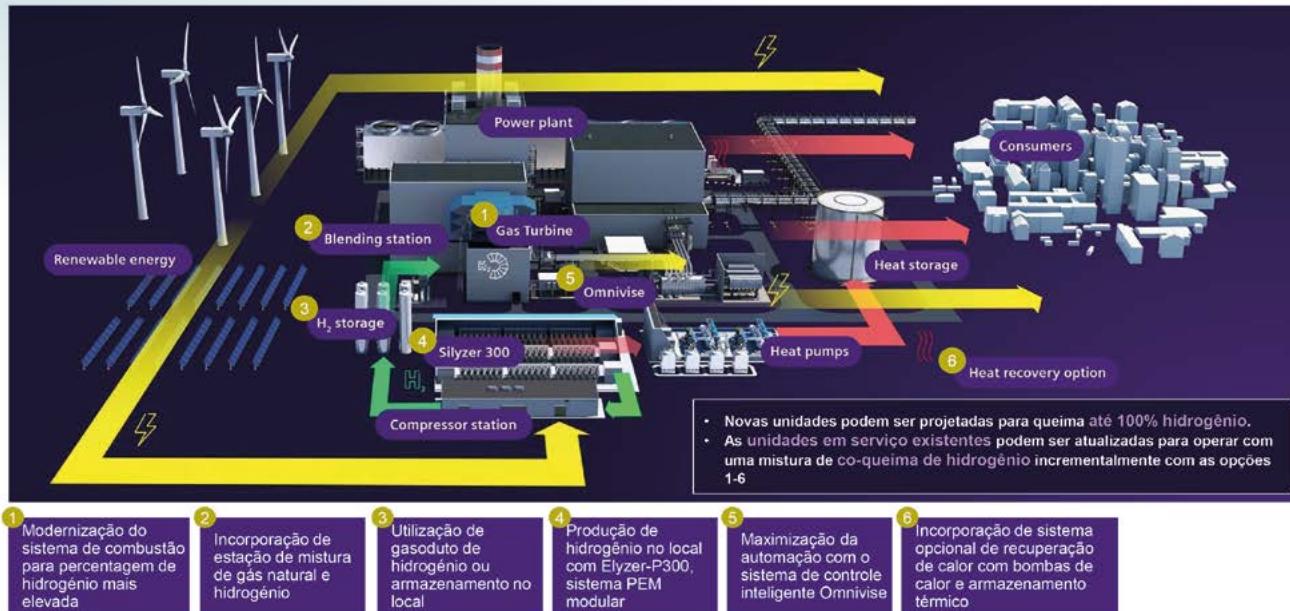
### Dry Low Emission

A combustão de hidrogénio nas turbinas a gás da Siemens Energy envolve vários aspetos-chave. Em primeiro lugar, as diferentes propriedades físicas do hidrogénio em comparação com o gás natural, como uma velocidade de chama muito mais alta, menor densidade e maior difusividade, exigem modificações no processo de combustão e nos sistemas de combustível para alcançar uma combustão estável, segurança contra flashback e com baixas emissões de NOx. Além de desafios fáceis de lidar, como a fragilização por hidrogénio, menor conteúdo energético volumétrico e maior difusividade, os desafios mais críticos são projetar queimadores para uma operação em segurança contra flashback e manter as emissões de NOx sob controlo. No entanto, a Siemens Energy desenvolveu soluções para enfrentar estes desafios, incluindo novos designs de queimadores, alterações do sistema de fornecimento de combustível e sistemas de controlo/proteção adaptados a diferentes níveis de hidrogénio.



## Soluções de produção de hidrogénio otimizadas e integradas para locais novos e existentes: abordagem modular para produção de energia verde

**SIEMENS ENERGY**



A Siemens Energy oferece uma gama de turbinas a gás com diferentes potências capazes de queimar hidrogénio. Está em curso um amplo desenvolvimento da tecnologia de combustão Dry Low Emission (DLE) para lidar com o hidrogénio, e continuamos a construir a nossa experiência em combustão de hidrogénio através do desenvolvimento contínuo e testes em toda a nossa frota de turbinas a gás.

A nossa experiência com hidrogénio na combustão DLE está apoiada em numerosos testes e demonstrações, que nos conduziram a uma alta eficiência de combustão de hidrogénio e baixas emissões. Já demonstrámos com sucesso a operação de queimadores das turbinas a gás com 100% de H<sub>2</sub> e à carga total. No caso de operação com misturas de hidrogénio, disponibilizamos adaptações ao design e concepção dos queimadores atuais, também desenvolvemos uma nova arquitetura de queimadores para suportar a operação a 100% de hidrogénio, mantendo a flexibilidade total de combustível entre 100% de gás natural e 100% de hidrogénio com qualquer taxa de mistura entre eles.

### Abordagem “pronta para H<sub>2</sub>”

A Siemens Energy tem uma experiência mundial com gases de síntese ricos em hidrogénio usados em refinarias, siderurgias e outras indústrias químicas. Ganhámos conhecimentos valiosos em mais de 55 unidades e 2,5 milhões de horas de operação em todo o mundo desde 1979. Os gases de síntese ricos em H<sub>2</sub> mostram características de combustão parcialmente diferentes em comparação com misturas de H<sub>2</sub>-Gás Natural. Um número crescente de turbinas a gás da Siemens Energy está agora a funcionar com misturas de hidrogénio elevadas com gás natural, como a instalação em Braskem com 2 SGT-600 a funcionar continuamente com 60% de H<sub>2</sub> no Brasil e outra em Jingmen/China. Atualmente, a Siemens Energy tem 9 turbinas a gás em operação comercial ou fase de teste com misturas de hidrogénio/gás natural com combustão DLE. Temos em curso a modificação (“retrofits”) de 6 instalações de turbinas a gás existentes para operação com hidrogénio. Em 2023, conseguimos demonstrar pela primeira vez a combustão a 100% de H<sub>2</sub> em modo DLE na instalação Hyflexpower,

uma central de cogeração comercial a funcionar com uma turbina a gás SGT-400 de 13MW no centro de França. Esta foi a maior turbina a gás já testada a 100% de hidrogénio na época.

Adicionalmente, as turbinas a gás construídas para combustão de gás natural podem ser atualizadas para hidrogénio quando necessário. Para evitar o risco de “investimentos obsoletos” no futuro, ao decidir sobre novos projetos de construção de turbinas a gás ou centrais de ciclo combinado hoje, uma central pode já ser construída “pronta para H<sub>2</sub>” para que a central esteja pré-equipada para uma futura adaptação para operação com hidrogénio. Com esta abordagem “pronta para H<sub>2</sub>”, os custos e riscos de uma futura adaptação são contidos, tornando a central “preparada para o futuro”. Mudanças legislativas que impõem a descarbonização do setor energético podem exigir a co-combustão de uma maior concentração de hidrogénio produzido de forma sustentável. ●



# Produção de amoníaco: da tradição à inovação

Cátia Ribeiro<sup>+</sup>Diogo M. F. Santos<sup>++</sup>

O amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) é um composto químico utilizado em larga escala em vários setores, com especial destaque no setor dos fertilizantes, sendo utilizado também para refrigerantes e explosivos. Ultimamente, tem ganho algum destaque no setor energético, devido à sua alta densidade energética. Apresenta-se como um meio promissor para

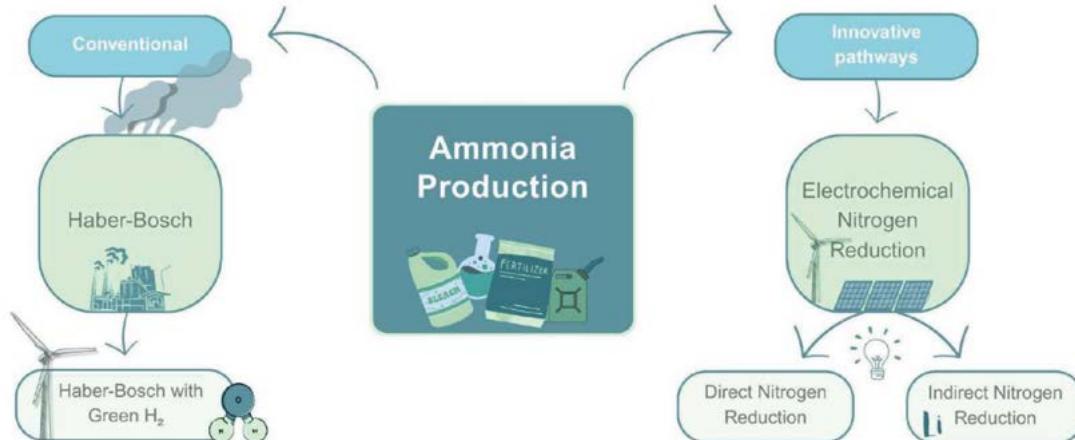
armazenamento de energia, uma vez que pode ser armazenado e transportado facilmente. Assim, pode ser utilizado para produzir eletricidade, como combustível em turbinas e motores de combustão interna, ou como armazenamento químico de hidrogénio.

O processo mais amplamente utilizado para produzir amoníaco - o processo Haber-Bosch - foi inventado por Fritz Haber em 1905 e mais tarde escalado por Carl Bosch, valendo a ambos um Prémio Nobel da Química. Embora seja um processo químico de enorme relevância a nível global, é também altamente intensivo a nível energético. Para fixar o nitrogénio atmosférico com o hidrogénio, são necessárias temperaturas de 450 °C e pressões de 10 MPa. Para além destas condições, a produção de hidrogénio para a reação é, neste momento, um processo com altas emissões de carbono, e o que mais contribui para a pegada carbónica do amoníaco. Todas estas condições reunidas fazem com que

a produção de amoníaco através do processo Haber-Bosch tradicional tenha um grande impacto ambiental, sendo responsável por cerca de 1,3% das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) equivalentes e 2% do consumo total de energia final (Figura 1).

## 1. Processo Haber-Bosch

Atualmente, é necessário abordar duas questões críticas relativas ao processo tradicional de produção de amoníaco. A primeira está relacionada com a sua intensidade energética, enquanto que a segunda está associada à fonte de hidrogénio utilizada. Uma vez que o hidrogénio molecular não existe de forma isolada no nosso planeta, é necessário recorrer a manipulações químicas para o obter. Existem vários métodos para o fazer, sendo os mais amplamente utilizados a reforma a vapor do metano (steam-methane reforming, SMR) e a gaseificação de carvão, métodos que geram emissões substanciais de  $\text{CO}_2$ . O método SMR utiliza a reforma de gás natural com vapor



▲ Figura 1: Processo tradicional de produção do amoníaco e tecnologias emergentes<sup>1</sup>.

de água, formando monóxido de carbono (CO) e hidrogénio. O CO reage depois novamente com a água, formando CO<sub>2</sub> e hidrogénio. Uma central de produção de amoníaco que utilize este método para produção de hidrogénio emite cerca de 1,5 a 1,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de amoníaco produzida, e apenas a produção de hidrogénio é responsável por cerca de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub>.

A transição energética tem como grande objetivo eliminar a dependência dos combustíveis fósseis. Nesse sentido, os esforços têm-se concentrado em encontrar métodos alternativos aos existentes, permitindo assim diminuir o impacto ambiental dos processos. Sendo a produção convencional de hidrogénio um processo que envolve uma grande quantidade de emissões, e o hidrogénio uma molécula que promete apresentar-se também como uma solução na transição energética, têm emergido vários métodos alternativos que permitem reduzir a sua pegada carbónica. O mesmo se aplica à própria produção de amoníaco, onde têm existido progressos para encontrar métodos alternativos.

### 1.1. O papel do Hidrogénio Verde no processo Haber-Bosch

A classificação da produção



*A transição energética tem como grande objetivo eliminar a dependência dos combustíveis fósseis*

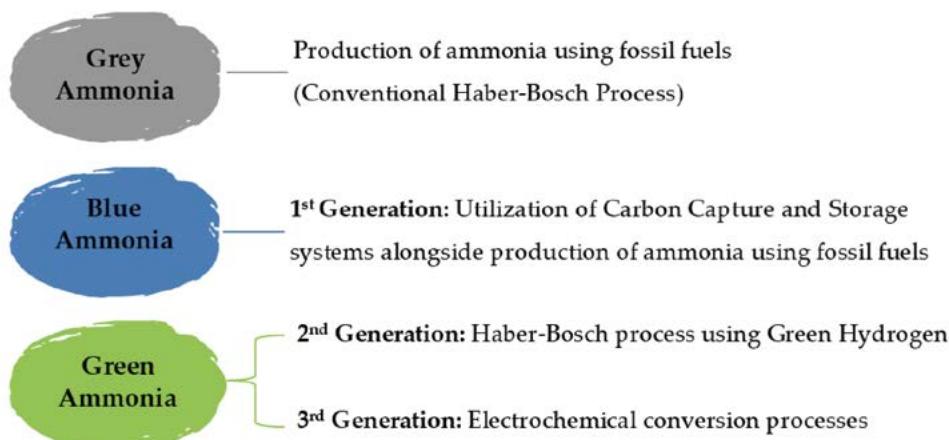
de hidrogénio e amoníaco é frequentemente realizada por meio de uma codificação por cores, que reflete tanto o método de produção quanto as emissões de gases com efeito de estufa associadas.

No caso do amoníaco, distinguem-se três categorias principais (**Figura 2**):

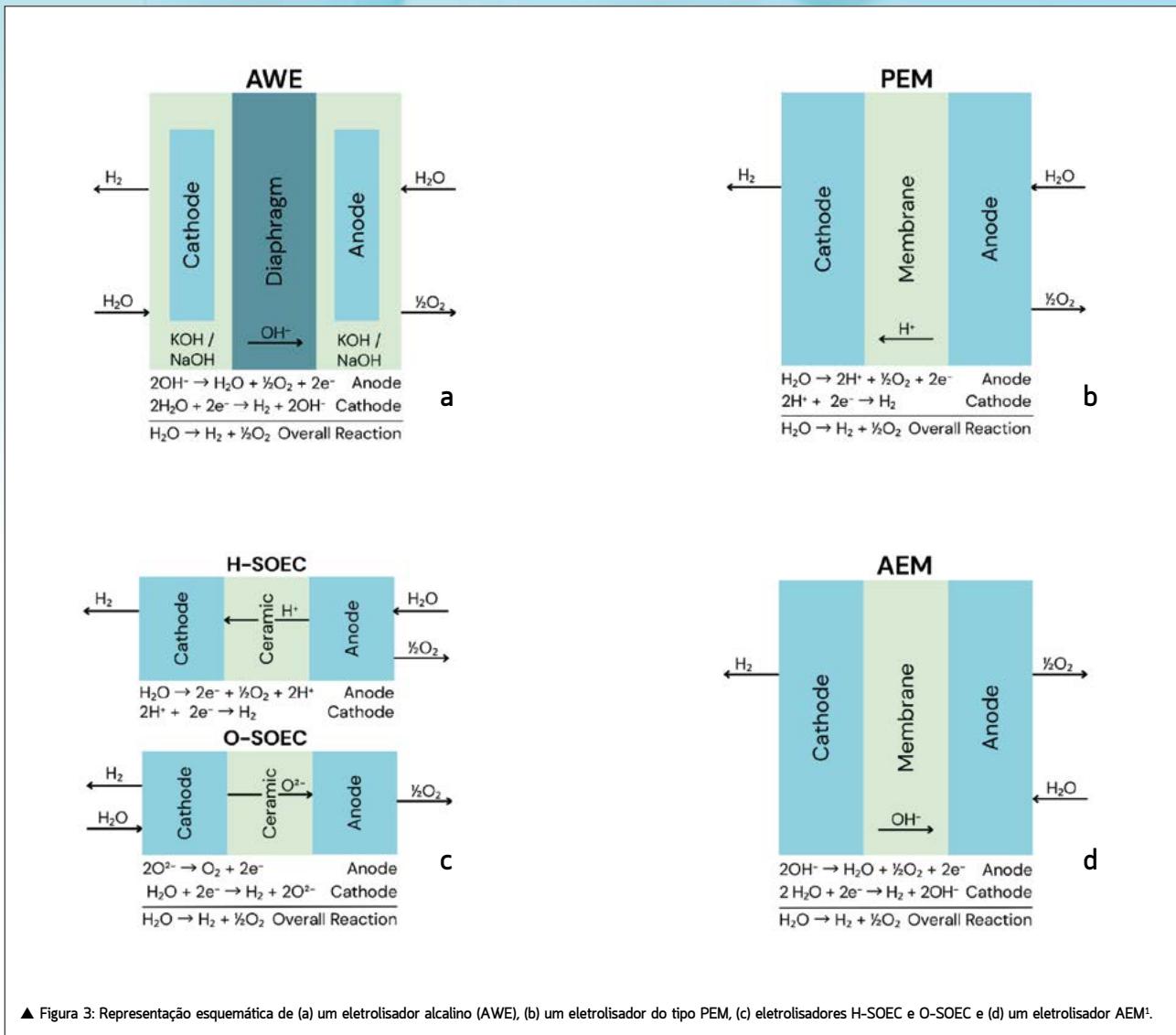
- **Amoníaco cinzento:** produzido através do processo Haber-Bosch convencional, dependente de combustíveis fósseis e com elevadas emissões de CO<sub>2</sub>;
- **Amoníaco azul:** obtido pelo mesmo processo, mas com integração de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS), resultando em emissões significativamente reduzidas;
- **Amoníaco verde:** produzido via processo Haber-Bosch a partir de hidrogénio verde ou por métodos eletroquímicos, sendo a alternativa mais sustentável.

A produção de hidrogénio apresenta um leque mais diversificado de classificações:

- **Hidrogénio cinzento:** resultante do processo de reforma a vapor do metano (SMR);
- **Hidrogénio castanho/preto:** proveniente da gaseificação de carvão;
- **Hidrogénio azul:** com o hidrogénio produzido pelos processos anteriores, principalmente SMR, mas com mitigação das emissões através de CCUS;
- **Hidrogénio rosa:** produzido por eletrólise com eletricidade gerada por energia nuclear;
- **Hidrogénio verde:** considerado o mais promissor, produzido por eletrólise da água, em que as moléculas de H<sub>2</sub>O são dissociadas em hidrogénio e oxigénio através de uma reação eletroquímica, utilizando exclusivamente eletricidade proveniente de fontes de energia renovável. ▶



▲ Figura 2: Classificação do amoníaco de acordo com o seu processo de produção<sup>1</sup>.



▲ Figura 3: Representação esquemática de (a) um eletrolisador alcalino (AWE), (b) um eletrolisador do tipo PEM, (c) eletrolisadores H-SOEC e O-SOEC e (d) um eletrolisador AEM<sup>1</sup>.

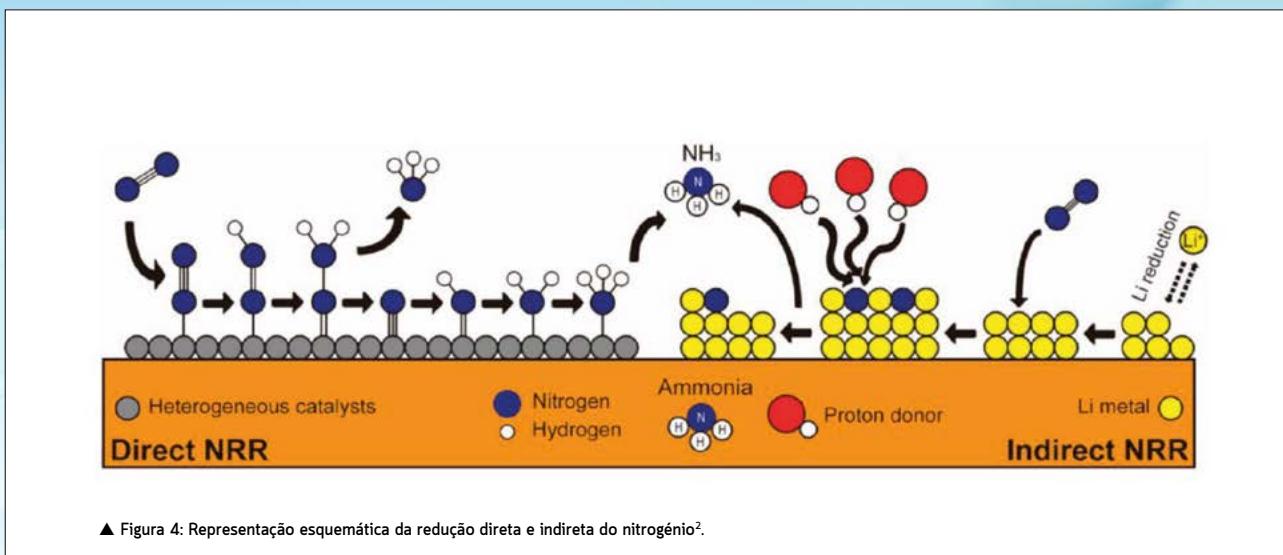
Atualmente, o hidrogénio verde tem ganho destaque como vetor energético estratégico, dada a sua elevada sustentabilidade e potencial papel na descarbonização de setores de difícil eletrificação.

A estratégia mais imediata para descarbonizar a produção de amoníaco consiste na substituição do hidrogénio proveniente de métodos que utilizem combustíveis fósseis por hidrogénio verde. Este, por sua vez, pode ser obtido usando diferentes tecnologias de eletrólise. A eletrólise alcalina (AWE) é o método mais antigo e por isso melhor consolidado e de baixo custo. Porém, a sua flexibilidade é baixa e a sua densidade de corrente também, fazendo com que seja

um método pouco eficiente. Já a eletrólise com eletrolisadores de membrana de permuta protónica (PEM) permite alcançar eficiências superiores e uma maior flexibilidade, facilitando assim a sua integração com energias renováveis intermitentes, como o solar fotovoltaico e a eólica. As células de eletrólise de óxido sólido (SOEC) podem separar-se em dois tipos, sendo o mais comum o que utiliza o ião  $O^{2-}$  como transportador de carga. Este tipo de eletrólise consegue atingir altas eficiências devido à sua alta temperatura, mas devido a essas mesmas temperaturas de funcionamento, o arranque do processo é lento, pelo que não pode ser usado em situações onde o tempo de resposta seja

importante. Por fim, temos ainda a eletrólise com membrana de permuta aniónica (AEM) que é uma tecnologia que mistura as características da eletrólise AWE e PEM. Todos estes processos encontram-se esquematizados na **Figura 3**.

A viabilidade económica do hidrogénio verde permanece condicionada pelo custo da eletricidade, pelo que a sua combinação em locais com geração de energia renovável apresenta uma solução interessante. Experiências piloto, como o megaprojeto de Sines, demonstram a atratividade industrial deste processo, com destaque para regiões onde seja possível recorrer à produção descentralizada de energia renovável.



▲ Figura 4: Representação esquemática da redução direta e indireta do nitrogénio<sup>2</sup>.

## 2. Métodos Eletroquímicos de Produção do Amoníaco

Numa segunda abordagem a longo prazo ao amoníaco, existem outras alternativas que começam a ganhar relevância. Os métodos eletroquímicos que têm surgido apresentam-se como uma opção mais limpa e descentralizada e podem separar-se em dois tipos: a Redução Direta do Nitrogénio (DNR) e a Redução Indireta do Nitrogénio (INR). Ambas eliminam a necessidade de um passo de produção de hidrogénio molecular, uma vez que nestes processos os átomos de hidrogénio necessários são obtidos diretamente da água. Ambos os processos se encontram representados na Figura 4.

### 2.1. Redução Direta do Nitrogénio (DNR)

A DNR contempla a conversão direta de  $N_2$  a  $NH_3$ , diretamente numa superfície catalítica e num ambiente predominantemente ácido. Consiste em 3 passos onde a ligação tripla do  $N_2$  vai sendo quebrada e são criadas ligações a átomos de hidrogénio. No entanto, a eficiência deste processo é extremamente baixa devido à reação de evolução do hidrogénio, que compete diretamente com a formação de amoníaco. Para mitigar este problema, outros eletrólitos e solventes estão a ser investigados, assim como possíveis ajustes de pH e de temperatura. Os custos, no

entanto, podem estar abaixo dos custos do processo Haber-Bosch usando hidrogénio verde.

### 2.2. Redução Indireta do Nitrogénio (INR)

A INR é um processo que utiliza o lítio como intermediário, onde inicialmente o  $N_2$  é convertido em nitreto de lítio ( $Li_3N$ ) e só depois reage com um protão e forma o amoníaco. Este método é mais eficiente e apresenta custos reduzidos; no entanto, depende da disponibilidade de lítio como recurso. Embora a eficiência do processo INR seja superior à do DNR, a energia necessária para o revestimento de lítio inicial é bastante considerável, reduzindo a eficiência energética global do processo. A formação de uma camada de interfafe sólida é também crucial, sendo que se for irregular, pode favorecer o crescimento dendrítico de lítio, bloqueando a difusão de  $N_2$ . Tanto estes obstáculos como a grande procura por lítio a que assistimos nos últimos anos devem ser estudados e considerados para a implementação do método.

## 3. Conclusões

A substituição do hidrogénio proveniente de combustíveis fósseis por hidrogénio verde no processo Haber-Bosch de produção de amoníaco pode reduzir a sua intensidade carbónica de 1,6 tCO<sub>2</sub>/

tNH<sub>3</sub> para apenas 0,1 tCO<sub>2</sub>/tNH<sub>3</sub>. Já os métodos eletroquímicos apresentam o potencial de eliminar qualquer emissão relativa ao processo em si; no entanto, carecem de maturidade tecnológica. Numa perspetiva futura, com a descida do custo da eletricidade devido ao aumento da disponibilidade das fontes de energia renovável, a substituição do hidrogénio será fundamental, aproveitando sinergias com a infraestrutura industrial existente. A longo prazo, métodos como os eletroquímicos, tanto o DNR como o INR, deverão apresentar-se também como uma solução. ●

#### NOTA

Este artigo é baseado na publicação científica dos mesmos autores correspondente à referência 1.

#### REFERÊNCIAS

- Ribeiro, C.; Santos, DM.F. Transitioning Ammonia Production: Green Hydrogen-Based Haber-Bosch and Emerging Nitrogen Reduction Technologies. *Clean Technol.* 2025, 7, 49.
- Jin, H.; Kim, S.S.; Venkateshulu, S.; Lee, J.; Lee, K.; Jin, K. Electrochemical nitrogen fixation for green ammonia: Recent progress and challenges. *Adv. Sci.* 2023, 10, 230951.



<sup>+</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa  
<sup>++</sup> Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados, Laboratório de Física para Materiais e Tecnologias Emergentes, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

## HIDROGÉNIO

# Tecnologias de sensorização para otimizar o desempenho de células a combustível de hidrogénio

João Nunes<sup>+</sup>Lucas Marcon<sup>+</sup>

**A**s tecnologias baseadas em hidrogénio são uma solução promissora para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e alcançar o compromisso com a neutralidade carbónica até 2050<sup>1</sup> definido pela União Europeia.

Em Portugal, a Estratégia Nacional para o Hidrogénio<sup>2</sup> tem como objetivo central reforçar a estabilidade do setor energético, promovendo a integração progressiva do hidrogénio como um pilar sustentável da transição para uma economia descarbonizada. Para alcançar esses objetivos, a estratégia dá ênfase à inovação e ao desenvolvimento.

As células a combustível que utilizam hidrogénio são dispositivos eletroquímicos capazes de gerar eletricidade. Quando utilizado hidrogénio renovável na alimentação, estes dispositivos contribuem para a transição energética e para o cumprimento das metas de descarbonização.

De entre os vários tipos de células de hidrogénio existentes, as células cujo princípio de funcionamento assenta em membranas condutoras de protões são as mais adotadas em resultado da sua baixa temperatura de operação, alta potência e rápida operação<sup>3</sup>.

Adicionalmente, por serem mais leves e compactas, facilita a sua aplicação em diferentes contextos. Estes dispositivos são capazes de converter a energia química dos produtos da reação ( $H_2O$  e  $H_2$ ) em eletricidade sem poluição associada, através de reações eletroquímicas e transporte de iões entre as várias membranas.

Apesar da rápida expansão, há ainda vários desafios para que a adoção destas tecnologias seja ainda mais efetiva. Um dos parâmetros mais críticos nestes equipamentos prende-se com a compactação das várias membranas durante o processo de montagem.

A literatura científica acerca do tópico é clara e concordante em que este é mesmo um dos parâmetros mais importantes para garantir que a eficiência da célula ao longo do seu tempo de vida não sofre quedas em resultado da descompactação das membranas<sup>3,4,5,6</sup>.

Contudo, ao longo do funcionamento em diferentes condições, o binário de aperto do sistema de contenção destes dispositivos pode sofrer reduções impactando negativamente a performance da célula. A utilização de técnicas capazes de monitorizar este parâmetro fornece informações

importantes para manutenção preventiva do equipamento, aumentando o seu tempo de vida útil e garantindo que este parâmetro não afeta a eficiência da célula.

O INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial tem vindo a desenvolver e aplicar diversas técnicas de sensorização em diversos setores, como é o caso da construção, mobilidade e energia.

A transversalidade e adaptabilidade dos métodos de sensorização utilizados pelo INEGI permitiram a sua aplicação numa célula de hidrogénio para monitorizar o sistema de compactação das membranas de uma célula PEM.

O caso de uso aqui apresentado emprega métodos de inspeção ótica não destrutiva como termografia e correlação digital de imagem, complementados com técnicas de sensorização mais tradicionais com recurso à utilização de extensómetros e termopares.

O setup experimental desenvolvido inclui, tal como é possível observar na **Figura 1**, a célula de hidrogénio e respetivos equipamentos periféricos, um conjunto de câmaras para termografia e correlação digital de imagem e também sensores mais convencionais e respetivos sistemas para aquisição dos dados.

Este setup, projetado exclusivamente para este caso de uso, permitiu obter diferentes conjuntos de dados de funcionamento da célula de  $H_2$ . A utilização de métodos de

“

*As células a combustível que utilizam hidrogénio são dispositivos eletroquímicos capazes de gerar electricidade*

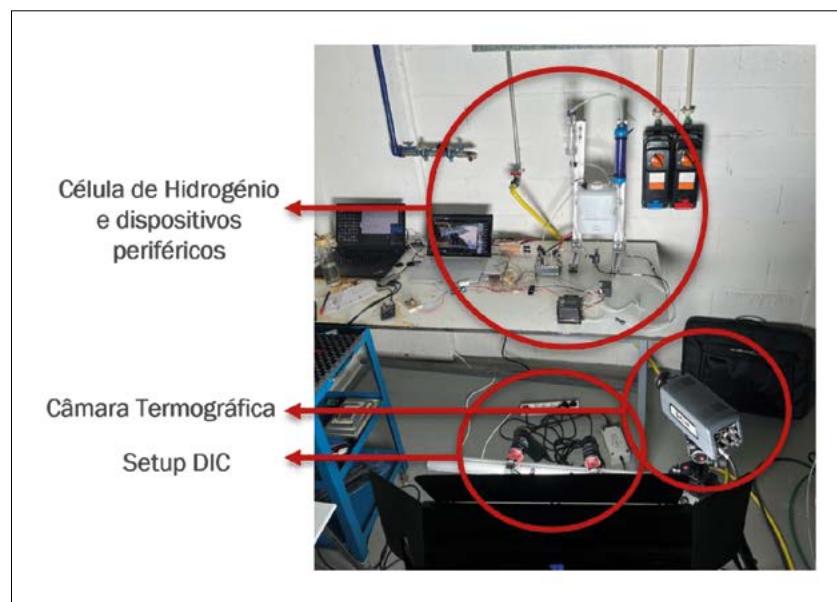
inspeção redundantes - como é o caso de termografia e termopares, e correlação digital de imagem e extensómetros, permitiu validar a aplicação de métodos de inspeção não destrutiva para monitorização do desaperto em células de hidrogénio.

A Correlação Digital de Imagem (amplamente utilizada a sigla de DIC) é uma técnica ótica que combina métodos de registo e tracking de imagens para realizar medições tridimensionais de elevada precisão.

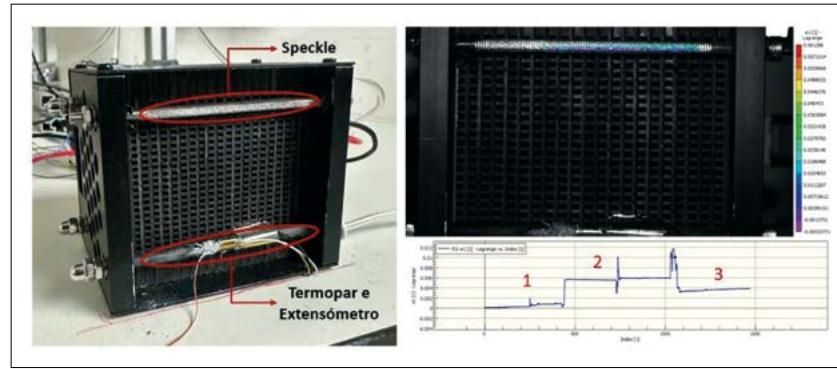
Após a calibração de um sistema estéreo - composto por duas câmaras posicionadas de forma a observar a mesma região do objeto - e a aplicação de padrões aleatórios (speckle) na superfície, torna-se possível extrair informação detalhada sobre os campos de deformação do objeto em estudo em 3 planos.

Em alternativa, se for de interesse a análise considerando apenas 2 planos, apenas uma câmara é utilizada. Após a aquisição de imagens, a utilização de softwares capazes de fazer o tracking de um conjunto de pontos de referência ao longo do tempo permite monitorizar deslocamentos e deformações com elevada resolução espacial e temporal.

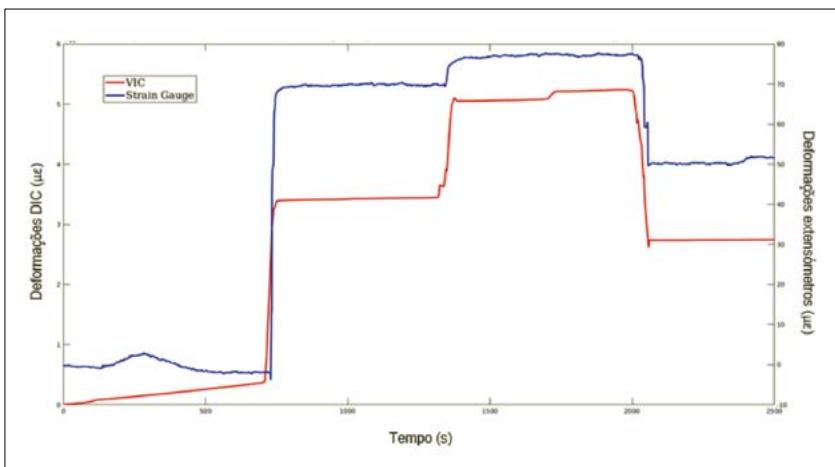
A **Figura 2** apresenta a célula de hidrogénio sensorizada e a interface gráfica do software DIC, onde se destaca a zona com a aplicação do speckle e a extração de dados de deformação nessa mesma zona. ▶



▲ Figura 1: Setup Experimental



▲ Figura 2: Célula de H<sub>2</sub> sensorizada e extração de dados de deformação através do software DIC



▲ Figura 3: Comparação entre as deformações obtidas com recurso a DIC (linha vermelha) e extensometria (linha azul)



◀ Figura 4:  
Monitorização da  
temperatura da célula  
de hidrogénio com  
recurso a uma câmara  
termográfica

Os patamares 1, 2 e 3 na curva de deformação obtida através de correlação digital de imagem correspondem a diferentes binários de aperto do sistema de contenção da célula de hidrogénio. Os dados foram validados com recurso a extensometria, tal como demonstra a **Figura 3**.

A linha representada em vermelho mostra as deformações obtidas com recurso a DIC, enquanto a linha azul revela os valores medidos pelos extensómetros, confirmando-se a adequabilidade do método DIC para monitorização do sistema de contenção das membranas da célula utilizada, através da elevada correlação entre os resultados de ambos os métodos.

Por sua vez, a termografia é uma técnica não invasiva que mede a radiação térmica emitida por um objeto num determinado comprimento de onda do espetro infravermelho convertendo estes dados em valores de temperatura permitindo analisar o comportamento da célula de hidrogénio em análise ao longo do tempo, tal como demonstrado na **Figura 4**.

A utilização das técnicas de correlação digital de imagem e termografia permitiu a monitorização de temperatura e deformações nos veios responsáveis por garantir a compactação das membranas, definidas como variáveis que impactam a eficiência destes equipamentos.

Assim, a bancada experimental desenvolvida permitiu validar a aplicação de métodos de inspeção não destrutiva para monitorizar o sistema de contenção das membranas de uma célula PEM.

A transversalidade das técnicas de monitorização apresentadas permite a sua aplicação em diversos setores. Através da integração de sensores, sistemas de aquisição de dados e algoritmos avançados, os dados recolhidos fornecem informações em tempo real sobre os processos ou equipamentos e permitem a sua monitorização ao longo do tempo.

O objetivo principal passa pelo aumento do tempo de vida útil e da fiabilidade dos equipamentos através de planos de manutenção preventiva e previsão de falhas, que resultam simultaneamente na otimização dos custos de manutenção. ●

#### AGRADECIMENTOS

O projeto NORTE2030-FEDER-01668900, é financiado por Fundos Europeus, através do programa Portugal 2030, no âmbito do selo eureka smart S0511-SD3DE.

#### REFERÊNCIAS

1. Direção Geral de Energia e Geologia: Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 - <https://www.dgeg.gov.pt/areas-transversais/relacoes-institucionais-e-de-mercado/politica-energetica/roteiro-para-a-neutralidade-carbonica-2050-rnc-2050/>
2. Direção Geral de Energia e Geologia: Estratégia Nacional para o Hidrogénio - <https://www.dgeg.gov.pt/areas-transversais/relacoes-institucionais-e-de-mercado/politica-energetica/estrategia-nacional-para-o-hidrogenio-en-h2/>
3. Yilgin, B., Celik, C., & Boyaci San, F. G. (2025). Clamping effects on the performance of proton exchange membrane fuel cell. International Journal of Hydrogen Energy, 141, 888-895. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.12.015>
4. Hu, B., He, S., Su, X., Xu, L., & Zhu, D. (2023). Experimental study of the effect of fastening bolts on PEMFC performance. International Journal of Hydrogen Energy, 48(90), 35050-35063. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.116>
5. Chang, W. R., Hwang, J. J., Weng, F. B., & Chan, S. H. (2007). Effect of clamping pressure on the performance of a PEM fuel cell. Journal of Power Sources, 166(1), 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.01.015>
6. Song, K., Wang, Y., Ding, Y., Xu, H., Mueller-Welt, P., Stuermlinger, T., Bause, K., Ehrmann, C., Weinmann, H. W., Schaefer, J., Fleischer, J., Zhu, K., Weihard, F., Trostmann, M., Schwartz, M., & Albers, A. (2022). Assembly techniques for proton exchange membrane fuel cell stack: A literature review. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 153). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111777>



# Laboratório Nacional de Energia e Geologia I. P.

- Apoio à inovação da sociedade e das empresas
- Consultoria para as políticas públicas em Energia e Geologia
- Investigação sustentável e para a sustentabilidade
- Parcerias internacionais estratégicas
- Fonte de informação privilegiada

Laboratório de Biocombustíveis e Biomassa

Laboratório de Energia Solar

Laboratório de Materiais e Revestimentos

Laboratórios Acreditados NP EN ISO/IEC17025-2018

SGQI – Sistema de Gestão Integrado

Qualidade, Investigação, Desenvolvimento e Inovação

ISO 9001:2015 e NP 4457:2007

Excelência em recursos humanos de investigação



2013-2023  
10 ANOS DO LOGO HRS4R DE EXCELÊNCIA  
EM RECURSOS HUMANOS DE INVESTIGAÇÃO

IMAGEM CRIADA POR I. A.



INVESTIGAÇÃO PARA A  
SUSTENTABILIDADE

CONSTRUINDO UM  
FUTURO MAIS LIMPO E MELHOR

SIGA-NOS NAS REDES SOCIAIS



[www.lneg.pt](http://www.lneg.pt)

# A importância da aplicação das normas técnicas nas estações de abastecimento de Hidrogénio Gasoso



Egídio Calado+

**C**om o avanço da mobilidade sustentável, o hidrogénio surge como uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis, especialmente para veículos pesados e ligeiros.

Ciente desta questão, o CEN e o CENELEC desenvolveram o Guia 38 aplicável às estações multicompostúveis, de modo a facilitar a integração dos

combustíveis alternativos nas estações de abastecimento existentes, assim como fornecer orientações para a conceção, autorização de funcionamento e operação de novas estações multicompostúveis em conformidade com o Regulamento (EU) 2023/1804 do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de setembro de 2023. Este guia compara os termos e definições utilizados num conjunto de normas aplicáveis a cada fonte de energia; eletricidade, hidrogénio, gás natural comprimido e liquefeito, GPL, gasóleo e gasolina. Compara também os requisitos e as distâncias de segurança internas e externas indicadas nessas normas para cada tipo de combustível, assim como os sistemas de emergência.

Este Guia poderá ser consultado em [www.cencenelec.eu](http://www.cencenelec.eu)

A implementação segura e eficiente de uma estação de abastecimento depende fortemente da aplicação rigorosa de normas técnicas europeias e internacionais, assim como de outros documentos técnicos reconhecidos.

Esta aplicação rigorosa é essencial para garantir que as estações de abastecimento de hidrogénio sejam seguras e adequadas à finalidade, dando às empresas e aos consumidores uma maior tranquilidade à medida que a indústria de hidrogénio em Portugal vai crescendo, uma vez que, como as normas são atualizadas periodicamente (normalmente a





▲ Figura 1: Representação das normas aplicáveis a uma estação de abastecimento de hidrogénio gasoso

cada 5 anos), garante-se desta forma a respetiva atualização técnica.

Paralelamente ao anteriormente referido e como o ritmo do avanço tecnológico é muito rápido, é uma grande valia que cada vez mais as normas sejam integradas na legislação nacional, produzindo-se desta forma uma legislação mais robusta e facilmente atualizável. Uma forma de garantir esta atualização técnica “automática” é mencionar a norma, mas não incluir o seu ano de edição. Garante-se desta forma que a norma a aplicar é sempre a versão mais recente.

De um modo geral podemos indicar as principais vantagens da

aplicabilidade da normalização nomeadamente:

#### **Segurança**

O hidrogénio é altamente inflamável, possui uma chama invisível ou quase invisível e o risco de fugas existe, tal como sucede com qualquer gás pressurizado. As normas garantem assim que os materiais, equipamentos e procedimentos utilizados nas HRS são adequados para mitigar os riscos de explosão, incêndio e falhas estruturais.

#### **Confiança e eficiência**

Normas como a ISO 19880-1 asseguram que o processo de abastecimento seja rápido (cerca de 5 minutos), seguro e compatível

com os tanques dos veículos, mantendo a integridade térmica e estrutural dos sistemas.

#### **Interoperabilidade e Normalização**

A harmonização técnica permite que diferentes fabricantes e operadores trabalhem com sistemas compatíveis, promovendo uma rede de abastecimento coesa e funcional em toda a Europa, beneficiando a mobilidade dos utilizadores.

#### **Proteção Patrimonial e Legal**

A conformidade com normas técnicas reduz riscos legais e patrimoniais. Em caso de acidente, a ausência de conformidade pode resultar em perdas humanas, ▶

NORMA/DOCUMENTO	TÍTULO
ISO/TR 15916	Basic considerations for the safety of hydrogen systems
CSA B51	Boiler, Pressure Vessel and Pressure Piping Code
SAE J2600	Compressed Hydrogen Vehicle Fueling Connection Devices (defines geometries of receptacles for different pressure levels)
SAE J2574	Fuel Cell Vehicle Terminology
SAE J2601	Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
NP EN 16942 (Norma em atualização na CT 38)	Combustíveis – Identificação de compatibilidade de veículos – Representação gráfica para informação ao consumidor
CEN/TS 17977	Gas infrastructure – Quality of gas – Hydrogen used in rededicated gas systems
ISO 19885-1	Gaseous hydrogen – Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles – Part 1: Design and development process for fuelling protocols
ISO 19880-9	Gaseous hydrogen – Fuelling stations – Part 9: Sampling for fuel quality analysis
ISO 19880-1 (Versão nacional em elaboração na CT 203)	Gaseous hydrogen – Fuelling stations Part 1: General requirements
ISO 19880-3	Gaseous hydrogen – Fuelling stations, Part 3: Valves
ISO 19880-5	Gaseous hydrogen – Fuelling stations, Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies
ISO 19887-1	Gaseous Hydrogen Fuel system components for hydrogen-fuelled vehicles – Part 1: Land vehicles
ISO 19880-2	Gaseous hydrogen Fuelling stations – Part 2: Dispensers and dispensing systems
ISO 19880-8	Gaseous hydrogen Fuelling stations – Part 8: Fuel quality control
ISO 17268	Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices
APEA/EI Blue Book Supplement	Guidance on hydrogen delivery systems for refuelling of motor vehicles, co-located with petrol fuelling stations (Supplement to the Blue Book)
CEN/CLC Guide 38	Guide for multifuel stations
ISO 26142	Hydrogen detection apparatus – Stationary applications
EN 17124	Hydrogen fuel – Product specification and quality assurance for hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen – Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for vehicles
ISO 14687	Hydrogen fuel quality – Product specification
SAE J2719	Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles
SAE J2799	Hydrogen Surface Vehicle to Station Communications Hardware and Software
EIGA DOC 211/24	Hydrogen Vent Systems for Customer Applications
EIGA IGC 23/00	IGC Document 23/00 Safety training of employees
NFPA 2	NFPA 2 Hydrogen Technologies Code
EN 17127	Outdoor hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen and incorporating filling protocols
SAE J1766	Recommended Practice for Electric, Fuel Cell and Hybrid Electric Vehicle Crash Integrity Testing
CGA H-4	Terminology Associated with Hydrogen Fuel Technologies
ISO 24078	Hydrogen in energy systems – Vocabulary
DIN SPEC 3456	Industrial valves – Guideline on requirements for metallic valves for hydrogen application within European standardization
CGA G-5.3	Commodity Specification For Hydrogen
CGA G-5.5	Hydrogen Vent Systems
ANSI/CSA HGV 4.1	Standard for hydrogen-dispensing systems
CSA/ANSI HGV 4.3	Test methods for hydrogen fuelling parameter evaluation
CSA/ANSI HGV 4.5	Priority and sequencing equipment for hydrogen vehicle fueling stations
ANSI/CSA HGV 4.8	Hydrogen gas vehicle fuelling station compressor guidelines
ANSI/CSA HGV 4.9	Hydrogen fuelling stations
ANSI/CSA HGV 4.10	Standard for fittings for use in compressed gaseous hydrogen fuelling stations
CSA/ANSI HGV 5.2	Compact hydrogen fuelling systems
SAE J2601-4	Ambient Temperature Variable and Fixed-Orifice Fueling Protocols for Light-Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
SAE J2719-1	Application Guideline for Use of Hydrogen Quality Specification

▲ Quadro 1: Algumas normas mais relevantes aplicáveis a uma estação de abastecimento de hidrogénio gasoso

## SIGLA E DESIGNAÇÃO

ASME - American Society of Mechanical Engineers
APEA - Association for Petroleum & Explosives Administration
ANSI - American National Standards Institute
NFPA - National Fire Protection Agency
ISO - International Organization for Standardization
EIGA - European Industrial Gases Association
CSA - Canadian Standards Association
CGA - Compressed Gas Association
EN - European Standards
SAE - Society of Automotive Engineers
DIN - Deutsches Institut für Normung
NP - Norma Portuguesa
CT - Comissão Técnica

de compressão, de armazenagem, assim como o sistema de abastecimento. Entenda-se o sistema de abastecimento como o sistema a jusante do sistema de fornecimento de hidrogénio, que inclui todos os equipamentos necessários para realizar a operação de abastecimento do veículo, através do qual o hidrogénio comprimido é fornecido ao veículo.

materiais e a própria reputação do hidrogénio.

### Facilidade de Expansão

Normas claras facilitam o licenciamento, financiamento e a construção de novas estações, acelerando a transição energética e a descarbonização do setor dos transportes.

Um exemplo é a norma ISO 19880-1:2020 - "Hidrogénio gasoso - Estações de abastecimento - Parte 1: Requisitos gerais", aplicável às estações de reabastecimento de hidrogénio ou estações de enriquecimento de hidrogénio (Hydrogen Refueling Stations - HRS), e inclui requisitos para o fornecimento, os sistemas

Como referência, indica-se algumas normas/documentos mais relevantes a serem aplicados numa estação de abastecimento de hidrogénio gasoso. ●



Elemento de ligação INS/ITG- IPQ

# O seu parceiro para o futuro.

Inspeções a equipamentos



Consultoria de apoio



CORE H2 E AXON H2

# Petrotec e Salvador Caetano inauguram estação de hidrogénio em Portugal

**O** Grupo Petrotec, operador europeu no desenvolvimento de soluções integradas para o abastecimento e carregamento de energia, e o Grupo Salvador Caetano anunciam a conclusão da estação de hidrogénio mais moderna do país. A infraestrutura, situada na unidade industrial da CaetanoBus, em Ovar, representa um marco nacional na mobilidade sustentável e foi integralmente desenvolvida com tecnologia do grupo português.

Com um investimento 100% privado, no valor aproximado de dois milhões de euros, esta é uma estação de abastecimento de hidrogénio (HRS - Hydrogen Refuelling Station), em Portugal, financiada exclusivamente com capitais nacionais.

A nova HRS da Hellonext, uma subsidiária do Grupo Petrotec (uma empresa portuguesa com mais de 40 anos de história, filiais em oito países e cinco unidades industriais - localizadas em três continentes) foi especificamente dimensionada para satisfazer as necessidades operacionais diárias da CaetanoBus, assegurando o abastecimento de até cinco autocarros por dia, a 350 bar. Esta capacidade responde diretamente à procura regular da unidade fabril, garantindo a continuidade de uma operação crítica para um dos principais fabricantes europeus de autocarros movidos a hidrogénio.

A escolha da CaetanoBus - com mais de 200 veículos de hidrogénio já produzidos para exportação - por uma solução nacional, demonstra a confiança nas características essenciais da instalação: robustez, fiabilidade e segurança. Este é um testemunho da maturidade da engenharia portuguesa no domínio do hidrogénio aplicado à mobilidade pesada.



## CORE H2 e AXON H2: engenharia nacional ao serviço da mobilidade global

A HRS integra dois equipamentos de última geração da Hellonext, marca do Grupo Petrotec: o sistema de controlo CORE H2 e o dispensador multimédia AXON H2.

O CORE H2, desenvolvido ao longo de três anos, destaca-se pelo seu design modular, arquitetura “plug & play” e tecnologia de compressão e abastecimento compatível com pressões de 350 e 700 bar. A sua conectividade, remota e funcionalidades de manutenção preditiva, asseguram uma operação contínua e segura.

A AXON H2 é o único dispensador de hidrogénio com interface digital incorporada e que espelha todo o potencial de conectividade com o veículo, permitindo uma interação direta, intuitiva e segura com o utilizador.

“A criação desta estação representa o culminar de um esforço estratégico do Grupo Petrotec na consolidação de competências tecnológicas no domínio do hidrogénio. Estamos orgulhosos por contribuir com soluções nacionais de excelência para a transição energética, lado a lado com um parceiro industrial de referência como o Grupo Salvador Caetano”, sublinha Nuno Cabral, CEO do Grupo Petrotec.

Por seu turno, Hugo Rigor, diretor geral da Hellonext e responsável pela transição energética no Grupo Petrotec, destaca que “o hidrogénio é hoje mais uma alternativa válida e estratégica para a descarbonização dos transportes. Esta infraestrutura vem demonstrar que é possível criar soluções inovadoras, fiáveis e 100% nacionais, que suportem operações industriais críticas e exigentes como a da CaetanoBus. ●



PROJETO PTX SINES

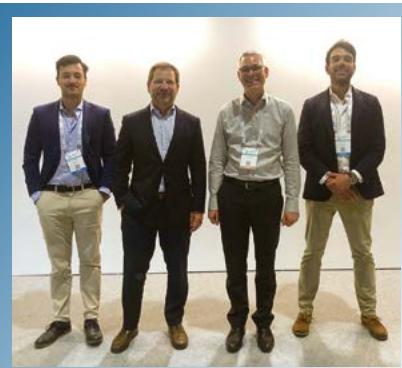
# WinPower e Axpo lançam projeto inovador de hidrogénio verde em Portugal

**A** WinPower, S.A., uma empresa portuguesa com mais de 30 anos de experiência em engenharia e soluções energéticas e a Axpo, uma empresa pública suíça, reconhecida internacionalmente na área das energias renováveis e soluções sustentáveis, anunciaram uma parceria estratégica para cooperar no lançamento da primeira fase do projeto PtX Sines.

Este projeto emblemático para a produção de hidrogénio verde em Portugal, com estatuto IPCEI e classificação de Projeto de Interesse Nacional (PIN), está concebido para atingir progressivamente, 160 MW de capacidade instalada, acompanhando o crescimento da procura por hidrogénio verde e seus derivados. O desenvolvimento de derivados de hidrogénio, como e-metanol e amónia verde, está previsto para fases futuras, ampliando o seu impacto e versatilidade.

A fase inicial de 15 MW prevê um investimento total de 17 milhões de euros, dos quais 7 milhões já estão assegurados através do PRR. O projeto encontra-se em fase avançada de licenciamento e prevê a injeção de hidrogénio verde na rede nacional dedicada (H2G Backbone). Cerca de 30% da produção anual será destinada ao contrato de offtake para mistura com gás natural (blending), resultante do primeiro leilão nacional de Gases Renováveis, no qual a WinPTX foi uma das empresas vencedoras. O restante, será canalizado para clientes industriais e outras aplicações.

“O PtX Sines, embora tenha ambições elevadas para



o futuro, inicia-se com uma abordagem moderada, acompanhando a maturação do mercado do hidrogénio.

Esta evolução gradual permite-nos ganhar experiência, consolidar know-how em todas as dimensões do futuro vetor dos e-fuels, e posicionar os promotores e os restantes stakeholders - nacionais e europeus - para deixarem a sua marca neste mercado.

O momento é decisivo, e as instituições e entidades responsáveis pelos licenciamentos, financiamentos e prazos estão a cooperar ativamente. Este é um verdadeiro exercício de articulação que reforça Portugal como um país capaz de concretizar estratégias e de dar um passo fundamental rumo à consolidação do seu papel como fornecedor energético para a Europa Central.” Luís Mendes, CEO da WinPower, S.A.

O PtX Sines, contribuirá para a descarbonização da economia, reforçando a segurança energética em Portugal, sustentabilidade e ambição nacional do país se tornar um hub europeu de hidrogénio.

“Com o PtX Sines, estamos a dar passos significativos para fornecer hidrogénio verde a preços competitivos. Juntamente com a WinPower, Goldenergy and Axpo Trading, temos como intuito contribuir para a segurança energética europeia.” Fridolin Roth, Responsible Hydrogen Activities Portugal and Spain. ●

▲ Na foto, da esquerda para a direita: David Matias (Eng. Mecânico, WinPower); Luís Mendes (CEO, WinPower); Fridolin Roth (Axpo); Nuno Filipe (Renewable Gases Advisor, WinPower)



## PROJETO FLEXnCONFU

# EDP produz e injeta molécula de hidrogénio

**A**EDP concretizou um passo significativo na investigação de novas tecnologias com a produção da primeira molécula de hidrogénio do grupo na Europa e da sua injeção numa turbina a gás em ambiente industrial real. A iniciativa foi concretizada na central termoelétrica de ciclo combinado do Ribatejo, na região de Lisboa, com o objetivo de validar a aplicação prática da combinação de hidrogénio e gás natural em contexto de operação, algo ainda pouco explorado no setor.

O anúncio da primeira molécula de hidrogénio produzida no país pela EDP decorreu na inauguração do demonstrador - o eletrolisador de 1,25 MW - que faz parte de um projeto mais amplo, o FLEXnCONFU (FLEXibilize combined cycle power plant through power-to-X solutions using non-CONventional FUels), financiado pelo programa Horizon 2020 da União Europeia. Este projeto foi desenvolvido por um consórcio internacional que reúne 21 parceiros de 10 países europeus, incluindo, além de Portugal, Espanha, França, Itália, Reino Unido, Grécia, Alemanha, Bélgica, Suécia e Países Baixos. Na cerimónia, que decorreu na central do Ribatejo, estiveram presentes a ministra do Ambiente e Energia, Maria da Graça Carvalho, o presidente executivo da EDP, Miguel Stilwell d'Andrade e representantes da Comissão Europeia, entre outros convidados.

O FLEXnCONFU é um projeto que visa demonstrar como a produção de energia em centrais de ciclo combinado pode ser mais flexível e eficiente, combinando diferentes tecnologias e promovendo uma operação mais sustentável num mercado cada vez mais dominado pelas energias renováveis. O projeto inclui dois demonstradores que irão converter eletricidade para hidrogénio ou amoníaco e fazer a sua co-combustão com gás natural. O demonstrador da responsabilidade da EDP no Ribatejo utiliza hidrogénio e um segundo, localizado em Itália, recorre a um carrier de amoníaco - substância que permite armazenar e transportar energia sob a forma de amoníaco - e que será validado em ambiente laboratorial.

O projeto teve início em abril de 2020 e passou por diversas etapas de desenvolvimento até alcançar a produção da sua primeira molécula de hidrogénio. Incluiu ainda testes laboratoriais no Reino Unido e em Itália, realizados de forma independente do projeto-



-piloto na central do Ribatejo, envolvendo misturas de diferentes composições de hidrogénio e de amoníaco com gás natural.

## Como se produz H2 na central do Ribatejo

Na prática, a molécula de H2 é produzida localmente através de um eletrolisador que usa eletricidade para dividir a molécula de água em hidrogénio e oxigénio. Depois de produzido, o hidrogénio é comprimido e armazenado e, quando a central necessita de aumentar a produção de eletricidade, o hidrogénio é misturado com gás natural. Esta combinação permite gerar eletricidade com menos emissões de carbono, ajudando a tornar a produção de energia mais limpa.

Neste contexto, o piloto pretende testar em ambiente real a produção de hidrogénio e o desempenho de turbinas com uma mistura de gás natural, permitindo validar condições técnicas, ambientais, operacionais e económicas destas soluções. Os resultados do piloto contribuirão para apoiar o desenvolvimento de projetos de produção em maior escala de hidrogénio verde e avaliar a viabilidade da adaptação de turbinas de gás existentes para co-combustão.

A central termoelétrica do Ribatejo, localizada na vila do Carregado, foi inaugurada em abril de 2004. Com uma potência total instalada de 1.176 MW, esta central de ciclo combinado opera exclusivamente a gás natural, conjugando turbinas a gás e a vapor para uma produção eficiente de eletricidade. Para além de ser palco de projetos inovadores como o FLEXnCONFU, a central tem um papel fundamental na estabilização do sistema elétrico, numa altura em que a produção renovável cresce de forma acelerada e exige maior flexibilidade e capacidade de resposta.

O projeto-piloto do eletrolisador na central termoelétrica do Ribatejo estará em operação até ao início de 2026. Os resultados obtidos quanto à viabilidade técnica e económica, servirão para apoiar a análise de investimentos futuros da EDP, sempre considerando o contexto nacional e internacional do setor do hidrogénio. ●



# 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

H35+H70

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

# Energy that matters.

Na REGA ENERGY, a nossa missão é acelerar o advento de uma indústria sustentável, disponibilizando gases renováveis como complemento à descarbonização de processos industriais, sempre que a total eletrificação não é possível.

Financiamos, contruímos e operamos unidades de produção de **Biometano** e **Hidrogénio Verde**, desenvolvendo projetos altamente escaláveis de modo a responder às necessidades de descarbonização dos setores energeticamente mais intensivos.

 Vidro

 Cerâmica

 Cimento

 Papel

 Aço