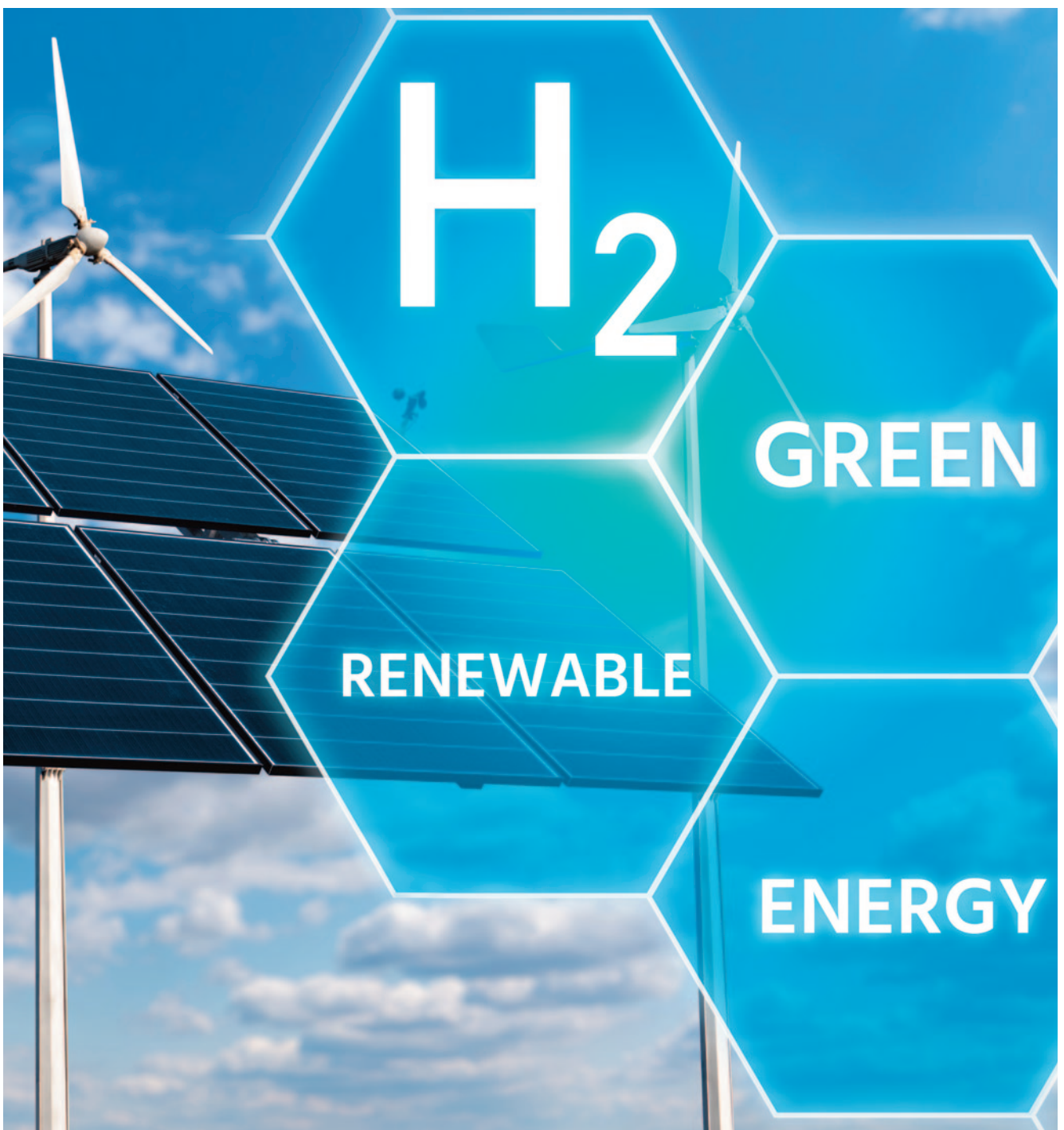


Resumo executivo

“A ciência é a aproximação progressiva do homem ao mundo real”

Max Planck¹²



O hidrogênio é o elemento químico mais leve e mais abundante do universo e é um vetor energético, pois pode ser usado para armazenar e transportar energia para ser liberada posteriormente. Ele tem um alto valor calorífico (embora tenha uma densidade de energia por volume muito menor do que a de outros combustíveis), é inesgotável e pode ser combinado com outros elementos para formar uma infinidade de subprodutos.

Esse gás pode ser produzido a partir de uma variedade de fontes de energia e por diferentes métodos, dando origem a diferentes designações. Entre elas estão o hidrogênio verde (produzido principalmente por eletrólise da água e fontes de energia renováveis), o hidrogênio rosa (produzido por eletrólise, mas usando a energia nuclear como fonte de energia), o hidrogênio azul (produzido a partir de hidrocarbonetos, mas capturando e armazenando as emissões de poluentes produzidas), amarelo (produzido por eletrólise, mas usando eletricidade não renovável como fonte), turquesa (obtido por pirólise de gás natural em um reator de metal fundido), branco (presente na natureza) ou preto, cinza e marrom (gerados a partir de hidrocarbonetos).

Desses, o hidrogênio verde é o que está recebendo cada vez mais atenção (inclusive dos órgãos reguladores), pois a ausência de emissões de gases de efeito estufa durante sua produção, sua capacidade de equilibrar a variabilidade das energias renováveis, o papel que pode desempenhar na descarbonização de alguns setores e suas múltiplas aplicações fazem dele o principal catalisador no processo de transição energética para uma economia neutra em carbono. Além disso, a extração de hidrogênio branco de grandes depósitos naturais está sendo avaliada e estudada recentemente, o que poderia contribuir para o desenvolvimento do setor e posicionar o hidrogênio como uma fonte de energia, além de suas capacidades como vetor energético.

A grande maioria do hidrogênio consumido é produzida a partir de combustíveis fósseis, principalmente gás natural, carvão e nafta reformada. Essas formas de produção são responsáveis pelas emissões de dióxido de carbono e contribuem para o aquecimento global, portanto, há um consenso sobre a necessidade de gerar hidrogênio usando métodos que não liberem gases de efeito estufa no processo, como a eletrólise da água a partir da eletricidade produzida por energia renovável (apenas 0,1% do hidrogênio foi produzido dessa forma em 2022).

Depois de gerado, o hidrogênio deve ser armazenado e transportado até o local de consumo final, o que é um desafio por si só. O hidrogênio pode ser transportado por navio, caminhão ou duto, dependendo da distância entre o produtor e o consumidor, e em diferentes estados: gasoso, líquido, sólido (por adsorção em determinados materiais) ou em transportadores orgânicos líquidos (por exemplo, metanol, amônia).

Do lado da demanda, o hidrogênio tem uma ampla gama de aplicações, sendo os processos industriais e metalúrgicos alguns dos principais consumidores, como refino de petróleo, produção de produtos químicos (por exemplo, amônia ou metanol) ou redução de aço. No transporte, o hidrogênio é usado em veículos com células de combustível, especialmente em veículos comerciais e ônibus, embora sua aplicação em carros particulares deva crescer na próxima década. Ele também é usado para a produção de "e-fuels" (combustíveis sintéticos). Além disso, aplicações em outros setores, como energético e construção, estão sendo investigadas como uma alternativa aos combustíveis fósseis.

¹²Max Planck, físico teórico alemão, considerado o fundador da teoria quântica. Em 1901 Planck publicou a lei espectral da radiação do corpo negro. Por seus trabalhos na teoria quântica, recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1918.

Apesar do progresso e do crescente interesse pelo hidrogênio verde, há desafios significativos no caminho para sua adoção generalizada e sustentável. Estes desafios podem ser agrupados em várias áreas:

- ▶ **Produção de hidrogênio:** um dos principais desafios é reduzir seu custo de produção para torná-lo competitivo em relação a outras fontes de energia. O principal componente desse custo é o consumo de energia, portanto, sua redução envolve o aprimoramento da tecnologia de eletrólise e maiores economias de escala, entre outros.
- ▶ **Criação de demanda:** outro desafio é gerar demanda suficiente para o hidrogênio verde em diferentes setores, como indústria, transporte e geração de energia, para justificar os investimentos em produção e distribuição. Isso implica a necessidade de tecnologias aprimoradas de produção e armazenamento.
- ▶ **Mercado de hidrogênio:** ao contrário de outros recursos energéticos, atualmente o hidrogênio é predominantemente um gás industrial produzido e consumido no local, o que dificulta a formação de um mercado com índices de preços de referência. Entretanto, à medida que o setor se desenvolve, é de se esperar que os mercados de hidrogênio se desenvolvam, o que é essencial para incentivar o investimento e a concorrência.

- ▶ **Infraestrutura de transporte:** o desenvolvimento de uma infraestrutura adequada para o transporte de hidrogênio, seja por estrada, dutos ou outros meios, é fundamental para sua distribuição eficiente e segura. Para que isso seja possível, será necessário abordar questões técnicas, como o gerenciamento do blending na rede ou os requisitos para garantir a segurança.
- ▶ **Regulação:** os principais desafios em nível regulatório incluem a criação de marcos específicos para o hidrogênio verde, a definição técnica do que pode ser considerado hidrogênio verde ou renovável, o desenvolvimento dos incentivos financeiros e não financeiros necessários, a criação de sistemas de garantia de origem, o desenvolvimento de regulações específicas para promover o transporte de veículos com emissão zero e o uso do hidrogênio como combustível no transporte marítimo, além da evolução das regulações de transporte de gás em dutos.

Nesse contexto, as organizações enfrentam esses desafios definindo estratégias, selecionando novos projetos com base em uma análise de investimento adequada, gerenciando os riscos associados (por exemplo, transformando suas operações para implementar novos processos), adaptando-se às regulamentações e atendendo aos objetivos de sustentabilidade.





A transição das empresas para o mercado de hidrogênio exige uma abordagem holística, da estratégia às operações, que considere não apenas a viabilidade econômica, mas também o compromisso com a sustentabilidade e a conformidade com as regulamentações em evolução. Da mesma forma, o investimento em tecnologias avançadas e a colaboração com parceiros e fornecedores são essenciais para o sucesso nesse mercado.

Para resolver alguns desses desafios, é necessário contar com ferramentas específicas para melhorar a tomada de decisões. Um exemplo disso é o aplicativo desenvolvido pela Cátedra de Estudos de Hidrogênio da Universidade Pontifícia Comillas - patrocinado pela Management Solutions-, que se baseia em Sistemas de Informação Geográfica (GIS) para identificar as

localizações ideais para a construção de projetos de produção de hidrogênio renovável. O modelo calcula um índice de compatibilidade do hidrogênio que categoriza as diferentes variáveis analisadas em cada local (compatibilidade do terreno para a instalação de energias renováveis e disponibilidade de água; infraestrutura existente de eletricidade, gás e estradas; possíveis "off-takers"¹³; etc.) e determina a melhor alternativa de acordo com os critérios escolhidos.

O hidrogênio verde ou renovável emerge como um pilar essencial na transição para uma economia sustentável, mas somente por meio de esforços colaborativos, investimento em tecnologia e apoio regulatório será possível superar os desafios atuais e liberar todo o seu potencial como um vetor energético transformador.

¹³Partes interessadas ou consumidores potenciais