

## Hidrogênio Verde e os desafios para o Net Zero<sup>1</sup>

Nivalde de Castro<sup>2</sup>

Kalyne Brito<sup>3</sup>

Ana Carolina Chaves<sup>4</sup>

O hidrogênio de baixo carbono (H<sub>2</sub>BC) irá desempenhar um importante papel no processo de transição energética, em curso irreversível, para uma economia verde, fundamental para contribuir na redução das emissões de gases de efeito estufa dos setores de difícil descarbonização.

De acordo com o cenário Net Zero Emissions (NZE) da Agência Internacional de Energia (IEA, 2023), a demanda global por H<sub>2</sub>BC irá atingir o patamar de 70 milhões de toneladas (Mt) em 2030, dos quais 73% serão produzidos por meio de eletricidade de baixa emissão de carbono (trata-se do hidrogênio verde) e o restante por meio de combustíveis fósseis utilizando tecnologia de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS).

Nesse processo, os vetores de conversão da mudança da matriz energética serão centrados principalmente na indústria pesada, na geração de energia e na produção de combustíveis a base de H<sub>2</sub>BC, conforme indicado no gráfico abaixo.

Figura 1: Demanda por H<sub>2</sub>BC no cenário NZE da IEA: 2022-2030.

(em Mt)

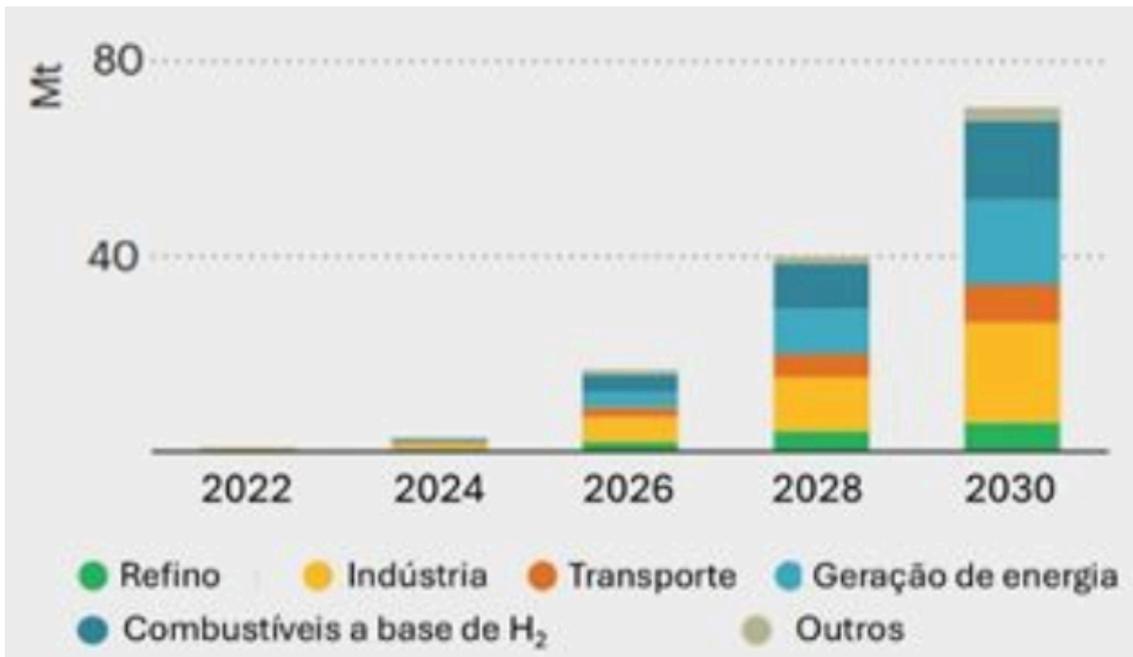
---

<sup>1</sup> Artigo publicado no Broadcast Energia. Disponível em: <https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/49855814>. Acesso em: 03 de out. 2024.

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Economia da UFRJ e Coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL-UFRJ).

<sup>3</sup> Pesquisadora Associada do GESEL-UFRJ.

<sup>4</sup> Pesquisadora Plena do GESEL-UFRJ.



Fonte: IEA (2023a).

Além das dificuldades inerentes à expansão da produção e do consumo deste vetor energético em larga escala, existem desafios tecnológicos específicos para a adaptação e conversão dos setores industriais para o uso do H2BC, com grande potencial de impactar todos os processos produtivos envolvidos.

No setor siderúrgico, o uso do H2BC depende não apenas da sua disponibilidade a custos competitivos em relação ao hidrogênio cinza, mas também da capacidade de adaptação dos processos de redução direta (DRI, do inglês Direct Reduced Iron). Ademais, como, no Brasil, não há plantas de DRI em operação, se verifica um desafio ainda maior. Assim, o uso do vetor H2BC para geração de energia, mesmo tendo ainda uma relação de custo-benefício muito desfavorável, requer o desenvolvimento de tecnologias de células a combustível e de turbinas a gás adequadas e capazes de fornecer grandes quantidades de energia.

A produção global de H2BC, em 2022, foi inferior a 1 Mt, com a maior parte sendo produzida com combustíveis fósseis usando CCUS. Deste modo, atingir o cenário NZE implica em um aumento significativo da produção de H2BC em um período relativamente curto, envolvendo uma série de desafios. Para atingir a demanda de H2BC no cenário NZE serão necessários cerca de 590 GW de capacidade acumulada instalada de eletrólise até 2030, além de investimentos em uma infraestrutura robusta para o armazenamento do hidrogênio e do CO<sub>2</sub> capturado (IEA, 2023a).

Mesmo com o crescente aumento do número de anúncios de projetos em diferentes países, inclusive no Brasil, com destaque para o Porto de Pecém, caso todos se realizem, a produção de H2BC ainda será de 38 Mt em 2030, o que representaria somente 55% do nível apresentado no cenário NZE (IEA, 2023a).

Metade dos projetos anunciados ainda está na fase de estudo de viabilidade, seguindo-se de projetos em estágios iniciais. Atualmente, os projetos em construção ou que obtiveram uma decisão final de investimento (FID) representam apenas 6% das iniciativas anunciadas (IEA, 2023b).

A obtenção de FID tem sido um dos maiores obstáculos para o avanço e consolidação dos projetos, por diversas razões que incluem a falta de estruturas eficazes para a redução dos riscos ou abordagens muito individualizadas e politizadas com altos custos de transação (Weichenhain et al., 2024). Além disso, entre outros critérios, a obtenção de FID requer acordos pré-contratuais de compra e capital substancial para o desenvolvimento dos projetos, sendo esta uma das maiores barreiras para a expansão dessa nova indústria. No Brasil, o custo do capital, considerando que a taxa básica dos juros é hoje uma das maiores do mundo, o esforço e a criatividade para dar competitividade são muito densos e intensos.

Segundo Baker (2024), poucos projetos apresentam contratos de compra e os que possuem são, em sua maioria, acordos vagos e não vinculativos. Assim, cria-se um impasse, uma vez que o desenvolvimento dos projetos requer financiamento que não será fornecido se não houver um contrato de compra estabelecido, impedindo o avanço das iniciativas anunciadas.

Além da barreira financeira, ainda devem ser solucionadas barreiras econômicas, institucionais e sociais, conforme indicado no Quadro abaixo. Atualmente, a demanda por H2BC é incipiente, se caracterizando como uma barreira para a sua adoção generalizada. A título de exemplo, a América Latina possui recursos abundantes de energias renováveis para a produção de hidrogênio verde, mas não apresenta grandes usuários finais imediatos para consumir o insumo (IRENA, 2024) em função do diferencial de custo de produção em relação ao hidrogênio cinza. Mesmo as indústrias que poderiam consumi-lo precisariam de novos equipamentos ou grandes adaptações da sua infraestrutura, conforme analisado anteriormente.

Destaca-se também que, apesar do rápido crescimento no número de eventos, estudos e relatórios sobre H2BC, há uma assimetria na socialização das informações sobre esse mercado nascente entre as partes interessadas, gerando o risco de uma perspectiva otimista exagerada, segundo a qual o potencial do H2BC pode ser direcionado e fundamentado em e por expectativas irrealistas. Todas essas barreiras e assimetrias reduzem a confiança dos investidores, dificultando o desenvolvimento de projetos e proporcionando um ceticismo exacerbado ratificado por uma falta de orientação política clara.

Quadro 1: Categorização das barreiras para a expansão do H2BC.

Tecnológica	Falta de maturidade das tecnologias
	Perdas de hidrogênio e energia
	Segurança
	Incompatibilidade da infraestrutura
Econômica	Custos elevados
	Falta de demanda
	Falta de usos finais adequados
	Desvantagem dos <i>first-mover</i>
	Falta de mão de obra qualificada
Institucional	Falta de estrutura regulatória
	Coordenação entre as autoridades insuficiente
	Cooperação internacional insuficiente
	Falta de ambição política
Social	Falta de aceitação pública
	Risco de “hype” do hidrogênio
	Falta de confiança do investidor

Fonte: IRENA (2024).

As barreiras destacadas no Quadro acima interagem entre si, criando um deadlock para o setor industrial. Cada agente do mercado pode estar tentando resolver uma barreira, mas precisa de informações, assistência, dados e comprometimento de outros agentes, que podem estar focados na resolução de outros problemas. Por exemplo, potenciais compradores e fornecedores não conseguem avançar com seus projetos e planos por não haver informações e recursos dos quais precisam. Enquanto os compradores necessitam de informações, como os preços do H2BC e o volume produzido para avaliar a viabilidade econômica do produto, os fornecedores hesitam na implementação de projetos de H2BC sem acordos de compra.

Diante deste cenário, o desenvolvimento de um mercado de H2BC vem se mostrando uma tarefa árdua e complexa, que exige a coordenação entre

diferentes partes interessadas e o compartilhamento de dados e informações entre os agentes, incluindo fornecedores, compradores, formuladores de políticas, academia e instituições financeiras. Com o objetivo de superar essas barreiras, o governo brasileiro vem tomando medidas que apresentam significativos avanços, em especial para criar um ambiente regulatório estável, capaz de garantir segurança jurídica para os investimentos no setor de hidrogênio verde. Dentre as iniciativas, se destacam o Plano Nacional de Hidrogênio (PNH2) e o seu Plano de Trabalho Trienal 2023-2025, a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono e a Chamada Estratégica para projetos de hidrogênio de baixo carbono, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Ainda no âmbito regulatório, em agosto de 2024, foi aprovada a Política Nacional de Transição Energética (PNTE), a partir da qual, nos próximos dez anos, é estimado um valor surpreendente de mais de R\$ 2 trilhões em investimentos na economia verde, com os quais se pretende que o Brasil assuma uma posição de protagonista mundial. Ademais, o protagonismo brasileiro estará baseado, em grande medida, em sua matriz elétrica, uma das melhores do mundo, com grande potencial de expansão a partir de 1,3 milha de megawatts (MW) de energia solar e eólica estimados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e no maior sistema interligado de linhas de transmissão do mundo, com mais de 170 mil quilômetros de extensão.

Por outro lado, um elemento crucial e estratégico é a implementação de políticas públicas voltadas para a viabilização de mecanismos de taxação e créditos de carbono, geralmente um fator central para o desenvolvimento da economia verde e do mercado de hidrogênio, tendo em vista que tornam os custos do H2BC e de seus derivados mais competitivos.

A título de conclusão, constata-se que o Brasil se encontra em um momento de criação das bases de uma estratégia de transição energética, alinhada ao Plano de Neoindustrialização Verde, buscando agregar valor ao produto brasileiro através do uso de energia limpa e renovável, cenário no qual o hidrogênio verde surge como um elemento chave. Para tal, destacam-se a importância do esforço coordenado e a colaboração entre os diferentes atores, agentes e instituições envolvidos no setor, a implementação de políticas de apoio ao desenvolvimento de um ambiente de negócios propício ao hidrogênio verde, o estabelecimento de uma comunicação clara e transparente entre fornecedores e compradores para se firmarem acordos de compra e o compartilhamento de informações a fim de auxiliar as instituições financeiras na tomada de decisões de investimento.

## Referências

Baker, D. R. (2024). **Why almost nobody is buying hydrogen**. Bloomberg. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-08-12/why-almost-nobody-is-buying-hydrogen-dashing-green-power-hopes>. Acesso em: 18 de set 2024.

Global Energy Monitor (2024). **Global steel plant tracker**. Disponível em: <https://globalenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/>. Acesso em: 20 de set. 2024.

IEA - International Energy Agency (2023a). **Net Zero Roadmap: A global pathway to keep the 1,5°C goal in reach, 2023 update**.

IEA - International Energy Agency (2023b). **Global Hydrogen Review 2023**.

IRENA - International Renewable Energy Agency (2024). **Green hydrogen strategy: A guide to design**. Abu Dhabi.

Weichenhain, U. et al. (2024). **Making it happen: Hydrogen Valley - Progress in an evolving sector**. Clean Hydrogen Partnership.