

## Transição Energética e ESG

*Estruturado pelo economista Nivalde de Castro, professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, desde 1997, este fascículo abordará as diferentes abordagens em curso no país relacionadas à transição energética e as práticas de ESG no setor elétrico.*



## Capítulo 7

### O processo de descarbonização e as potencialidades da indústria do hidrogênio verde no Brasil

*Por Nivalde de Castro, Luiza Masseno e Kalyne Brito*

A urgência para a mitigação das mudanças climáticas com foco central na descarbonização dos processos produtivos de bens e serviço impulsiona a busca por novas soluções e tecnologias de baixo carbono, onde o hidrogênio verde (H2V), produzido a partir da eletrólise com a utilização de energias renováveis, merece destaque especial, sendo o objeto analítico central deste sétimo capítulo.

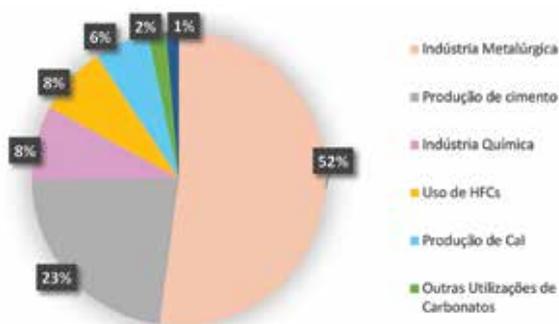
O H2V, cuja indústria ainda é nascente, constitui um recurso com potencial de aplicação em diferentes segmentos industriais e no setor de transportes. Atualmente, a produção de hidrogênio no mundo está concentrada em processos com altas emissões de CO<sub>2</sub>, por meio da reforma de gás natural, conhecido como hidrogênio cinza. Neste sentido, de pronto fica evidente que há um mercado potencial para a conversão da produção e consumo de hidrogênio cinza para o hidrogênio verde que, para sua produção, irá determinar um impacto muito grande na demanda de energia elétrica verde.

Nesta dinâmica de transição energética, o Brasil se sobressai por deter um vasto potencial em energias renováveis para a produção do H2V e possuir importantes polos industriais, que concentram uma estrutura diversificada e favorável à construção de grandes centros consumidores de hidrogênio, nomeados

de hubs ou vales. A título de exemplo, pode-se citar como polos industriais capazes de concentrar a produção de H2V, o Complexo Industrial de Pecém no Ceará, o Complexo Industrial e Portuário de Suape em Pernambuco, o Porto de Camaçari na Bahia e o Porto do Açu no Rio de Janeiro.

A partir de programas de incentivo às energias solar e eólica no país, os últimos anos foram marcados por uma significativa expansão na oferta dessas fontes. Entre 2015 e 2022, o Brasil liderou o ranking de ter sido um dos principais destinos de investimentos estrangeiros em países em desenvolvimento, recebendo um total de US\$ 114,8 bilhões, o que representou 11% do investimento global em energia sustentável nas economias emergentes (UNCTAD, 2023). É assim de se esperar que o Brasil assumira posição de liderança mundial, por força da capacidade instalada de geração elétrica predominantemente renovável e do potencial destas duas fontes estimadas, pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), em 1.300.000 MW

Pelo lado da demanda, os setores industriais da economia brasileira com maiores desafios e oportunidades para o processo de descarbonização de suas cadeias energéticas são o de transporte e o industrial, que responderam por 52,6% e 16,4% das emissões totais de 2022, respectivamente (SEEG, 2023).



Fonte: Adaptado de MCTI (2022).

**Gráfico 1: Emissões do Setor de Processos Industriais em 2020 (em %)**

No âmbito dos setores industriais, apenas os segmentos da metalurgia, cimento e indústrias químicas representam mais de 80% das emissões de 2020, como atestam os dados do Gráfico 1.

Desta forma, as perspectivas do avanço do consumo de H2V no Brasil poderá contribuir para o atingimento das metas de descarbonização em diferentes segmentos da atividade econômica brasileira, além de auxiliar na melhoria de indicadores de sustentabilidade ambiental de grandes indústrias instaladas no país e comprometidas com práticas ESG.

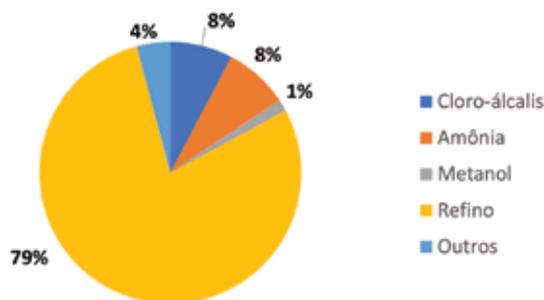
Em paralelo, o avanço de mecanismos de precificação de carbono e taxação de importações de bens com alta pegada de carbono tornam a discussão acerca do desenvolvimento do mercado de H2V cada vez mais relevante para garantir a competitividade de produtos brasileiros em mercados externos. O Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM), em fase transitória de implementação na União Europeia, será aplicado a bens cuja produção é intensiva em carbono como cimento, ferro, aço, alumínio, fertilizantes, e hidrogênio.

A dinâmica determinada pelas alterações geopolíticas como a Guerra da Ucrânia e o conflito EUA x China, estão reforçando o processo de powershoring, que tendem a atuar como um estímulo para a neointustrialização verde do Brasil. Neste sentido, a mudança climática e fatores geopolíticos abriram uma janela de oportunidade para que países, como o Brasil em especial, com vantagens comparativas e competitivas na produção de energia elétrica derivada de fontes renováveis possam atrair plantas manufatureiras intensivas em energia e com compromisso de descarbonização.

Vale ressaltar que, na indústria do H2V, os recursos renováveis desempenham um papel crucial na sua produção, representando uma parte substancial no custo total. Diante disso, segundo WEF (2024), a América Latina pode liderar o fornecimento global de hidrogênio renovável até o ano de 2030, capturando 25% a 33% da demanda internacional. Atualmente, o custo nivelado do hidrogênio na região varia de US\$ 3,70 a US\$ 5,90 por kg, abaixo da média global de US\$ 3,80 a US\$ 8,50 por kg.

Nesse contexto, o Brasil é um dos países elencados com um futuro promissor na descarbonização local, dada a diversidade de aplicações nacionais possíveis, como refinaria, aço, fertilizantes, cimento, combustíveis, dentre outros. Aponta-se que, no país, o preço médio do hidrogênio verde, situa-se, atualmente entre US\$ 2,87 e US\$ 3,56 por kg, estimando-se que possa atingir parâmetros de de US\$ 1,90 por kg, em 2030, e US\$ 1,20, em 2050, conseguindo representar 10% do mercado global (WEF, 2024).

No âmbito da demanda interna de hidrogênio no Brasil, deve-se ressaltar, primeiramente, as aplicações diretas do H2V em finalidades usualmente já atendidas pelo hidrogênio cinza, conforme indicado anteriormente. Para se ter uma posição sobre este potencial, o Complexo Industrial de Camaçari, consome, anualmente, 5 mil toneladas de hidrogênio cinza. E as atividades de refino são responsáveis por, aproximadamente, 79% do consumo de hidrogênio cinza nacional, com amplo potencial para que este segmento possa ser um exemplo convencional de first-adopters para o uso do H2V. O Gráfico 2 desagrega a demanda de hidrogênio cinza por ramo de atividade industrial.



Fonte: Moszkowicz *et al.* (2023), EPE (2022) e AHK-Rio (2021).

**Gráfico 2: Consumo estimado de hidrogênio no Brasil por setor em 2021 (em %)**

Nesta direção analítica, o Brasil tem um elevado grau potencial para substituir as importações de amoníaco e metanol através da produção local, o que representa uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria interna do H2V, assim como para produzir produtos verdes de maior valor agregado. A importação brasileira de amônia e metanol equivale a mais de US\$ 1 bilhão por ano, impactando a balança comercial brasileira. Além disso, o metanol e a amônia são considerados promissores carreadores do H2V para exportação e combustíveis adequados para a descarbonização de setores como a aviação e o transporte marítimo.

Observa-se que a Petrobras já foi a maior produtora de amônia e ureia no Brasil. No entanto, em 2018, a política governamental levou a empresa a reduzir sua participação neste mercado, na medida que o objetivo era reduzir o grau de atuação da Petrobras, com a redução e investimentos e arrendamento

de suas fábricas de fertilizantes nitrogenados. Além disso, a produção de metanol tornou-se insignificante no Brasil desde 2016, com a maior parte sendo importada. Vale ressaltar que o consumo de metanol no Brasil é destinado principalmente à produção de formaldeído (35%) e ao biodiesel (27%), sendo este último consumido, especialmente, nas Regiões Sul e Centro-Oeste.

No âmbito da siderurgia e metalurgia, o Brasil se destaca como o maior produtor de aço da América Latina e nono maior do mundo. O país apresenta uma capacidade instalada de 51 milhões de toneladas por ano em dez diferentes estados. Além disso, 90% da produção é realizada por apenas seis empresas: ArcelorMittal, Gerdau, Ternium, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Usiminas e Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP).

Assim, a substituição do gás natural como matéria-prima no processo Redução Direta de Ferro (DRI, na sigla em inglês) em combinação com o Electric Arc Furnace (EAF) torna-se uma relevante oportunidade, tendo em vista que cerca de 25% do aço é produzido pelo processo EAF no Brasil. Outra alternativa possível é o uso do hidrogênio verde na produção de ferro briquetado a quente (HBI) (Gomes et al., 2024; Instituto E+ Transição Energética, 2022; Instituto do Aço Brasil, 2022).

Apesar de a Europa não ser o principal destino das exportações de aço brasileiras, em 2022 a exportação para o continente aumentou 830%, devido à redução do fornecimento de aço russo causada pela invasão da Ucrânia. Deste modo, a exportação de metálicos verdes, inclusive o aço verde nos próximos anos se mostra como uma promissora alternativa e possibilidade.

No contexto de abrir diferentes frentes para o desenvolvimento da indústria do hidrogênio de baixo carbono no Brasil, destaca-se a iniciativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que lançou, em março de 2024, a Chamada Estratégica “Hidrogênio no contexto do setor elétrico brasileiro”, visando estimular investimentos em projetos de Pesquisa,

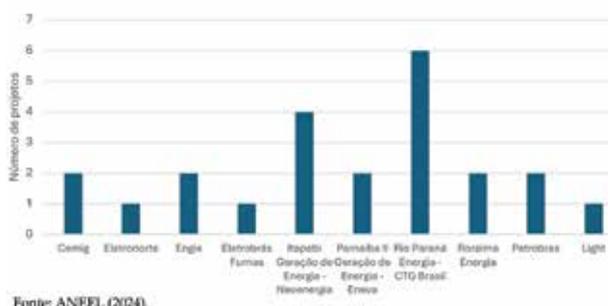


Gráfico 3 - Quantidade de projetos selecionados para avaliação na Chamada Estratégica da ANEEL por proponente

Desenvolvimento & Inovação relacionados à temática. Como resultado no mês de julho de 2024, dez grandes grupos do setor elétrico apresentaram 19 propostas de plantas pilotos, conforme indicado no Gráfico 3.

As propostas das 10 empresas, incluíram, no total, 40 cooperadas, 33 entidades executoras e 23 instituições parceiras em todo o país. A partir de um total de 23 projetos (quatro na área de material e componentes), somam investimentos de R\$ 2,7 bilhões, representando o maior volume já investido em uma chamada de projetos estratégicos da ANEEL.

Por fim, no início do mês de agosto, em cerimônia realizada no Porto do Pecém no Ceará, foi sancionada a Lei nº 14.948/2024, que estabelece o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Apesar de controvérsia acerca do limite de emissões no ciclo de vida do hidrogênio produzido e da busca por uma melhor disciplina na natureza dos créditos fiscais destinados como incentivos, e não subsídios, ao desenvolvimento da Indústria de H2V. Este marco é promissor para o desenvolvimento da indústria do H2V no Brasil e poderá impulsionar um novo ciclo de investimentos e projetos importantes para o processo de neointustrialização verde no país.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AHK-Rio (2021). *Mapeamento do setor de hidrogênio brasileiro: Panorama atual e potenciais para o hidrogênio verde*. Rio de Janeiro: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (2022). *Produção e Consumo de Hidrogênio em refinarias*.

GOMES, I. et al. (2024). *Hydrogen for the 'low hanging fruits' of South America: Decarbonizing hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile*.

Instituto E+ Transição Energética (2022). *Scoping paper on the Brazilian decarbonization: Steel industry, Rio de Janeiro*.

Instituto do Aço Brasil (2022). *Asiderurgia em números 2022*. Rio de Janeiro.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2022). *Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil*. 6ª Edição [S.l.: s.n.].

MOSZKOWICZ, M. et al. (2023). *Estudo do mercado interno e externo do hidrogênio verde*. Grupo de Estudos do Setor Elétrico – GESEL.

SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2023). Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

UNCTAD (2023). *World Investment Report 2023: Investing in sustainable energy for all*. United Nations.

WEF, World Economic Forum (2024). *Accelerating the Clean Hydrogen Economy in Latin America*. Geneva.

\*Luiza Masseno é Pesquisadora plena do GESEL-UFRJ.

\*Kalyne Brito é Pesquisadora associada do GESEL-UFRJ.



Soluções em tecnologia elétrica e automação industrial



O MAIOR  
DISTRIBUIDOR ABB  
DA AMÉRICA LATINA



Produtos



Serviços



Engenharia



FAÇA SUA COTAÇÃO • FALE COM NOSSOS ESPECIALISTAS