



Observatório de Hidrogênio

Nº 13

3º TRIMESTRE
2023



GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

Observatório de Hidrogênio N° 13

Organizadores

Nivalde de Castro

Sayonara Elizário

Kalyne Brito

Equipe de Pesquisa

Bruno Elizeu

Sofia Paoli

Revisão Geral

Pablo Sathler

Bianca Castro

Janeiro de 2024

Sumário

Introdução.....	4
Políticas Públicas e Financiamentos.....	5
Projetos.....	13
Armazenamento e Transporte.....	19
Uso Final.....	22
Tecnologia e Inovação.....	25
Considerações Finais.....	29

Introdução

O hidrogênio (H₂) é frequentemente reconhecido como importante vetor energético capaz de promover intensa descarbonização na economia mundial, especialmente em setores de difícil redução de emissões, como o industrial e o de transportes. Nesse contexto, a transição energética de uma economia composta majoritariamente por combustíveis fósseis para o hidrogênio verde ou de baixo carbono irá transformar, significativamente, o setor energético e atender, junto a isso, dois requisitos centrais do Acordo de Paris: i) Segurança energética e ii) Redução de emissões de gases de efeito estufa.

Diante das potencialidades do H₂, diversos países estão estimulando o desenvolvimento da economia do hidrogênio, como observado pelo crescente anúncio de políticas públicas e projetos em toda cadeia de valor do hidrogênio.

Posto isso e considerando a evolução exponencial da economia do hidrogênio, este Observatório de Hidrogênio tem como objetivo central apresentar um estudo analítico e sistemático do setor segundo o Informativo Setorial de Hidrogênio do GESEL. Além disso, este relatório pretende salientar as principais políticas públicas, diretrizes, projetos, inovações tecnológicas e regulatórias de toda cadeia de valor do hidrogênio.

Serão destacados aqui pontos importantes do período analisado, tais como: o anúncio de novas políticas públicas e financiamentos; anúncio de novos projetos de produção, armazenamento e uso final, além de novas pesquisas inovadoras para o mercado.

Políticas Públicas e Financiamentos

CENÁRIO INTERNACIONAL

A recente evolução nas políticas e estratégias relacionadas ao hidrogênio de baixo carbono na União Europeia (UE) é marcada por avanços significativos, conforme destacado no estudo *Enabling Measures Roadmap for Renewable Hydrogen*, lançado em julho de 2023 pelo World Economic Forum, Accenture e IRENA. O roteiro identifica seis principais facilitadores para desenvolver um mercado de hidrogênio em escala na Europa. Políticas de preços de carbono e apoio à inovação; infraestrutura de produção; transporte e armazenamento; regulamentação; cooperação internacional e iniciativas para promoção da educação e conscientização sobre o hidrogênio se destacam entre esses facilitadores.

A UE empenha esforços para atingir uma economia do hidrogênio em escala, apesar dos desafios presentes, como o custo atual do hidrogênio renovável e a falta de infraestrutura adequada. O Pacto Verde Europeu, o Plano Europeu de Investimento e a Estratégia Europeia para o Hidrogênio são algumas iniciativas que visam impulsionar o desenvolvimento desse mercado. Além disso, a UE fortalece a cooperação internacional, como evidenciado pela declaração assinada em conjunto com os Estados Unidos em junho de 2023, estabelecendo um marco para colaboração em pesquisa, desenvolvimento, políticas e financiamento. Em outro movimento, a UE alocou € 3,6 bilhões do Fundo de Inovação ETS para projetos de hidrogênio a fim de impulsionar o desenvolvimento do mercado de hidrogênio de baixo carbono na Europa, apoiando projetos de produção renovável e o uso do hidrogênio em setores industriais.

A União Europeia (UE) adotou as regras de implementação do Mecanismo de Ajuste de Carbono nas Fronteiras (CBAM), destinando-as à precificação das emissões de carbono na produção de bens importados, incluindo o hidrogênio. Apesar dos benefícios potenciais, o CBAM enfrenta desafios, como complexidade e falta de infraestrutura, exigindo abordagens estratégicas para garantir eficácia na implementação.

Políticas Públicas e Financiamentos

Paralelamente, a UE lançou o pacote “Fit for 55”, visando reduzir 55% nas emissões de gases de efeito estufa até 2030 e incorporando padrões mais rigorosos para veículos de zero emissões, incentivos à produção e consumo de hidrogênio renovável, além da expansão do sistema de comércio de emissões para novos setores.

Em julho de 2023, a Alemanha aprovou uma atualização em sua Estratégia Nacional de Hidrogênio, fortalecendo seu compromisso com a neutralidade climática até 2045, representando um marco para o país em sua transição para uma economia de baixo carbono. A revisão da estratégia estabelece metas ousadas para impulsionar o desenvolvimento do hidrogênio de baixa emissão, visando, entre outros objetivos: (i) aumentar a capacidade de eletrólise para 10 GW até 2030; (ii) investir € 9 bilhões em infraestrutura de hidrogênio até 2030; (iii) estabelecer cadeias internacionais de abastecimento de hidrogênio, refletindo assim, o compromisso da Alemanha em liderar a transição para fontes de energia mais sustentáveis. Além disso, o país enfrenta desafios correntes na produção de hidrogênio eletrolíticos, como o custo mais elevado em comparação com o hidrogênio produzido pela reforma a vapor do gás natural com tecnologia de captura de carbono.

A Alemanha ampliou seu escopo estratégico original ao incluir rotas com gás natural e resíduos na produção de hidrogênio, fundamentando-o na necessidade de enfrentamento econômico e tecnológico de desafios vigentes, reconhecendo o custo mais alto associado ao hidrogênio eletrolítico, relativo à urgente redução das emissões de carbono, de maneira eficaz. Ao incorporar diferentes rotas na produção de hidrogênio, a Alemanha demonstra flexibilidade e pragmatismo em sua busca por soluções sustentáveis, permitindo ao país – por meio dessa estratégia híbrida – avançar em direção a uma economia de hidrogênio mais limpo, ao mesmo tempo que enfrenta as complexidades do cenário atual. Assim, essa abordagem diversificada visa equilibrar considerações econômicas imediatas com o necessário combate às mudanças climáticas.

Anunciado pela França, um pacote de subsídios de 4 bilhões de euros para investir em hidrogênio de baixo carbono será disponibilizado por meio de Contratos por Diferença (CfDs). O pacote desempenhará um papel crucial no apoio a projetos com capacidade total de 1 GW, visando a produção anual de 140 mil toneladas de hidrogênio. Os CfDs atuarão como mecanismo de garantia de preço mínimo para a energia proveniente de fontes renováveis, o que irá mitigar o risco para os investidores e fomentar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

Políticas Públicas e Financiamentos

Esse subsídio será direcionado especialmente para projetos de eletrólise provenientes de fontes renováveis, como energia solar e eólica, além de apoiar iniciativas de captura e armazenamento de carbono (CCS) para a produção de hidrogênio a partir de gás natural.

O primeiro projeto respaldado pelo pacote, liderado pela empresa francesa Engie e programado para iniciar operações em 2026, terá capacidade de 200 MW e produzirá 30 mil toneladas de hidrogênio anualmente. Ao reduzir os custos associados ao hidrogênio de baixo carbono e estimular investimentos em novas tecnologias, o pacote de subsídios francês é suficientemente potente para impactar expressivamente o desenvolvimento do setor.

Nos Emirados Árabes Unidos, a aprovação das estratégias de energia e hidrogênio visa transformar o país em um importante exportador de hidrogênio, utilizando metas ambiciosas que incluem: triplicar a capacidade de energia renovável até 2030; transformar o país em um produtor e exportador de hidrogênio de baixo carbono e atingir a participação de 30% de energia limpa na matriz energética até 2031.

Além da Alemanha, o Japão revisou sua Estratégia Nacional de Hidrogênio que estabelece metas impressionantes, como o aumento da produção de hidrogênio de baixa emissão para 20 milhões de toneladas anualmente até 2030 e a redução do custo para US\$ 2 por quilograma. A estratégia foi baseada em quatro pilares: (i) produção; (ii) armazenamento e transporte; (iii) demanda e (iv) cooperação internacional.

A China adotou a primeira diretriz da indústria de hidrogênio ao estabelecer certas metas ambiciosas para o desenvolvimento do hidrogênio de baixo carbono no país. Entre as metas, o plano de aumentar a proporção de hidrogênio verde no consumo de energia terminal em 10% até 2035 e construir a capacidade de produção de hidrogênio verde de 100 milhões de toneladas anuais até o mesmo período se destacam.

Essa diretriz enfatiza o papel estratégico do hidrogênio na garantia de suprimento estável de energia e no estímulo ao crescimento econômico. Em termos de produção, a China planeja aumentar a geração de hidrogênio de baixo carbono, principalmente por meio de eletrólise, utilizando fontes de energia renovável. Além disso, o país investe em projetos que exploram outras fontes para a produção de hidrogênio com baixa emissão. Paralelamente, o país promove o uso do vetor energético em setores-chave, como energia, transporte e indústria, por meio de políticas de apoio ao desenvolvimento desses mercados.

Políticas Públicas e Financiamentos

A implementação dessa diretriz pode ter impactos significativos, contribuindo para metas nacionais de descarbonização, impulsionando o crescimento econômico e inspirando a transição global para uma economia mais sustentável.

Os Estados Unidos estão projetando uma trajetória ambiciosa em direção a uma economia de baixo carbono, ao conceder cerca de US\$ 34 milhões para projetos de pesquisa inovadores na área de hidrogênio. Essa iniciativa, liderada por universidades e indústrias, tem o objetivo de aprimorar tecnologias a fim de impulsionar a utilização acessível de hidrogênio limpo para a geração de eletricidade, descarbonização da indústria e do setor de transporte. Esses projetos abrangem diversos objetivos que incluem desde a redução de custos e consumo energético na produção de hidrogênio até a exploração de fontes renováveis, como biomassa e resíduos industriais. Além disso, o país lidera o financiamento do hidrogênio no mundo com aporte de US\$ 137 bilhões para os próximos dez anos. A Lei de Redução da Inflação, que estabelece uma taxa competitiva de US\$ 3/kg para hidrogênio de baixo carbono, impulsiona essa liderança e reduz custos tecnológicos na produção do hidrogênio.

Outra iniciativa promissora a ser avaliada nos Estados Unidos é um programa de demanda de hidrogênio de US\$ 1 bilhão. Caso seja implementado, o programa fornecerá receita inicial para produtores em larga escala, garantindo segurança para os compradores. Modelado com contratos de pagamento por entrega, *backstops* de compra e financiamento de viabilidade, o programa reduzirá a incerteza de demanda ao criar uma demanda inicial para o hidrogênio de modo a incentivar a adoção desse recurso limpo.

Ademais, os Estados Unidos estão atraindo fabricantes de hidrogênio por meio de subsídios substanciais e a empresa norueguesa Nel Hydrogen, ao escolher Michigan para receber sua nova fábrica, demonstra como o aporte de US\$ 100 milhões está impulsionando diversos investimentos. Essa atração de fabricantes representa uma perda significativa para a Europa que, apesar de vantagens competitivas, enfrenta desafios burocráticos em seus programas de subsídios.

Políticas Públicas e Financiamentos

COOPERAÇÃO

A colaboração entre a União Europeia e a Argentina, evidenciada pela recente assinatura de um Memorando de Entendimento (MoU) é um marco no desenvolvimento do setor de hidrogênio na América Latina. Esse acordo abrange diversas áreas, desde o desenvolvimento de políticas e regulamentações até investimentos em pesquisa e desenvolvimento, criando um ambiente propício para o crescimento do setor. A cooperação pode acelerar o desenvolvimento do setor de hidrogênio na região ao aproveitar o potencial significativo da Argentina para produzir hidrogênio verde a partir de recursos renováveis, como energia solar e eólica.

Ademais, Espanha e Portugal estão redefinindo as próprias trajetórias em direção a um futuro mais sustentável, com metas revisadas para energias renováveis e hidrogênio até 2030. Os planos ambiciosos desses países incluem aumentos consideráveis na capacidade instalada de energia renovável e na produção de hidrogênio verde. Essas metas, alinhadas aos objetivos da União Europeia, não apenas visam combater a mudança climática, mas também a criação de empregos e oportunidades econômicas, consolidando a Península Ibérica como um centro de energia limpa. Apesar dos desafios, como o custo elevado do hidrogênio verde e a necessidade de infraestrutura, esses planos representam passos significativos na transição para um setor mais sustentável na região.

A União Europeia, comprometida com a expansão global do hidrogênio, aprovou um plano de € 12 milhões em subvenções a fim de desenvolver a indústria do hidrogênio com baixa emissão no Quênia. A iniciativa visa não apenas promover a descarbonização do setor energético queniano, mas também criar empregos e oportunidades econômicas, uma vez que o Quênia, com sua abundância de recursos renováveis e localização estratégica, emerge como potencial exportador do vetor energético, destacando o impacto positivo que esse plano pode ter no país.

Embora tenha ocorrido significativo progresso no desenvolvimento global do hidrogênio de baixo carbono, desafios ainda persistem, como custos e infraestrutura. A cooperação internacional e o comprometimento com metas sustentáveis são fundamentais para superar esses desafios e posicionar essas nações como líderes na transição para uma economia mais verde. Essas iniciativas representam não apenas investimentos econômicos, mas compromissos tangíveis com o futuro mais verde e sustentável. Por isso, esse momento é fundamental para a trajetória global em direção a fontes de energia mais sustentáveis.

Políticas Públicas e Financiamentos

BRASIL

O Ministério de Minas e Energia inaugura uma era de desenvolvimento econômico, social e ambiental através da implementação do hidrogênio de baixo carbono. Durante a apresentação do Plano de Trabalho Trienal (2023-2025) do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), o ministro Alexandre Silveira destacou que essa iniciativa fortalecerá a segurança energética do país, além de gerar empregos e desempenhar um papel fundamental na descarbonização da indústria e transporte.

Lançado em agosto de 2023, o Plano de Trabalho Trienal do PNH2 abrangendo seis eixos estratégicos, demarca abordagens abrangentes para o desenvolvimento do hidrogênio de baixo carbono. Esses eixos incluem: (i) regulação; (ii) rotas tecnológicas; (iii) mercado; (iv) planejamento energético; (v) cooperação internacional e (vi) capacitação.

O PNH2 delinea o total de 65 ações para os próximos três anos, com 32 delas já em execução. Notavelmente, o plano prioriza uma ação fundamental: aumentar significativamente os investimentos anuais em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em hidrogênio de baixa emissão de carbono. Esses investimentos serão ampliados substancialmente, passando de R\$ 29 milhões em 2020 para mais de R\$ 200 milhões ao ano, até 2025. Esse montante visa acelerar a pesquisa e inovação, impulsionando o Brasil para a vanguarda da tecnologia do hidrogênio sustentável.

A visão estratégica do PNH2 inclui a criação de hubs de hidrogênio e disseminação de plantas piloto em todo o país, evidenciando o comprometimento do Brasil em criar uma infraestrutura robusta para a produção e utilização de hidrogênio de baixo carbono. Essas medidas são fundamentais para o avanço consistente do país na transição para uma economia mais limpa e sustentável, sendo a meta de 2025 disseminar plantas piloto de hidrogênio de baixo carbono em todas as regiões do país e até 2030, consolidar o Brasil como produtor competitivo de H2. O Plano Trienal do PNH2 detalha melhor essas estratégias que moldarão o futuro do setor de hidrogênio no Brasil.

Ao nível regulatório, a ausência de um marco legal para o setor de hidrogênio de baixo carbono representa um desafio adicional, impactando o investimento e o desenvolvimento de projetos. Os desafios regulatórios, como a falta de um marco claro e o valor elevado da energia no consumo, são destacados pela Associação Brasileira da Indústria do Hidrogênio Verde (ABIHV), composta pela Siemens, Shell, Equinor e Thyssenkrupp.

Políticas Públicas e Financiamentos

Assim, se o governo brasileiro responder positivamente às demandas, o país poderá se posicionar como líder global no setor de H2V no futuro. Por outro lado, Associação Brasileira do Hidrogênio (ABH2) defende a inclusão de todas as formas de produção de hidrogênio no marco legal do setor no Brasil. Essa abordagem, que inclui rotas mais baratas como a produção a partir de combustíveis fósseis com CCS, visa reduzir emissões de gases de efeito estufa no curto prazo. No entanto, a complexidade dessa decisão envolve considerações sobre sustentabilidade e competitividade, desencadeando debates sobre a efetividade dessas rotas diante dos objetivos brasileiros de transição energética, além do que, a decisão final do governo brasileiro requer uma avaliação equilibrada desses argumentos.

No plano do hidrogênio de biomassa, o Brasil destaca-se como potencial produtor e exportador ao explorar sua vasta capacidade em gerar biomassa a partir de resíduos agropecuários, florestais e urbanos. O hidrogênio de biomassa, proveniente dessas fontes, é considerado uma fonte limpa e renovável capaz de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Enfrentando desafios como a necessidade de garantir a sustentabilidade da produção e a criação de um ambiente regulatório favorável, o lobby para o hidrogênio de biomassa – liderado por diversos atores, incluindo empresas do agronegócio, do setor de energia, instituições de pesquisa e organizações não governamentais – está ganhando força e pode posicionar o Brasil como protagonista no segmento.

Nesse contexto, as dezessete ações propostas pelo Pacto Brasileiro pelo Hidrogênio Renovável destacam a importância de inserir o hidrogênio renovável (H2R) na Política Energética Nacional, proporcionando visibilidade do setor nas políticas públicas. Medidas como melhores condições de financiamento, redução da carga tributária e programas para gerar demanda no mercado interno são fundamentais para tornar o H2R competitivo em relação às fontes fósseis. Essas ações, que abrangem toda a cadeia produtiva do H2R, desde a produção até a utilização, podem contribuir significativamente, tanto para o desenvolvimento do mercado quanto para a transição energética no Brasil, destacando o potencial do país como um grande produtor e exportador de H2R.

As ações propostas pelo Pacto Brasileiro pelo Hidrogênio Renovável indicam não apenas compromisso com o desenvolvimento sustentável do setor de hidrogênio, mas também a posição privilegiada do país para se destacar na transição energética global.

Políticas Públicas e Financiamentos

O Brasil está fundamentando suas bases para se transformar em uma referência no desenvolvimento e exportação de hidrogênio de biomassa e renovável, o que contribui não apenas para a redução das emissões, mas também para o fortalecimento de sua economia.

A União Europeia (UE), reconhecendo a importância do hidrogênio em sua estratégia de redução de emissões, estabeleceu a meta ambiciosa de importar 10 milhões de toneladas até 2030. Diante desse cenário, o Brasil está tomando medidas significativas para atender a essa demanda crescente. Por exemplo, em 2023 foram anunciados investimentos na construção de usinas de produção de hidrogênio verde com capacidade total superior a 10 GW, evidenciando o comprometimento brasileiro com esse mercado promissor.

Apesar desses avanços, o Brasil enfrenta desafios como o alto custo de produção do hidrogênio limpo, superior, até o momento, ao custo do hidrogênio fóssil. Para garantir competitividade é imperativo investir em pesquisa e desenvolvimento, aprimorando a eficiência das tecnologias de produção. Além disso, políticas públicas, como subsídios e incentivos fiscais, são essenciais para impulsionar a produção e a redução de custos. Outra barreira a ser superada é a infraestrutura limitada para transporte e armazenamento do hidrogênio. O Brasil necessita de uma rede eficiente que facilite o comércio desse combustível, ao passo que, a melhoria na regulamentação do setor é fundamental para atrair investimentos e promover um ambiente estável e propício ao desenvolvimento de uma economia do hidrogênio no país.

A entrada em vigor do Mecanismo de Ajuste de Fronteira de Carbono (CBAM) da União Europeia em outubro de 2023 oferece ao Brasil uma oportunidade adicional. O CBAM, ao precificar as emissões de gases de efeito estufa em produtos importados, pode beneficiar o hidrogênio brasileiro, incentivando a produção mais sustentável. Com o Brasil apresentando vantagens competitivas, como menor intensidade de carbono na produção de hidrogênio verde, esse mecanismo pode impulsionar as exportações e contribuir para consolidar o país como líder global nesse mercado.

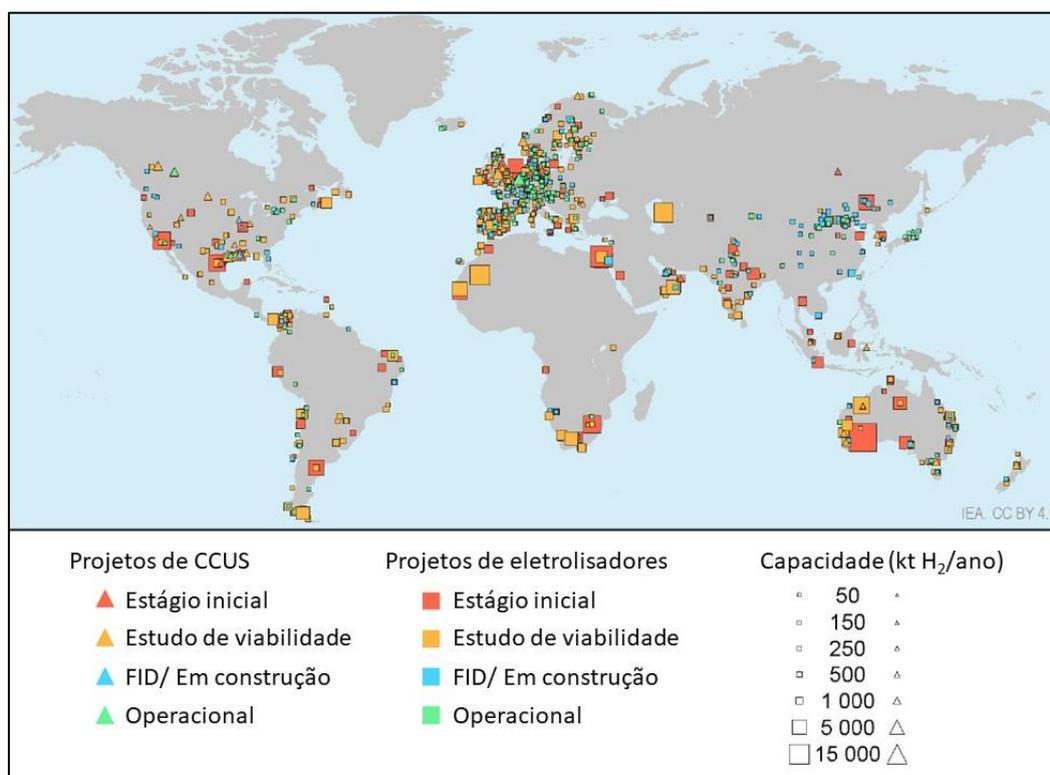
Projetos

PANORAMA ATUAL

Segundo a *International Energy Agency (IEA, 2023)*, a produção de hidrogênio global em 2022 foi de 95 Mt, demonstrando aumento de 3% se comparado ao ano de 2021. Desse total, apenas 0,7% representaram a produção de hidrogênio de baixo carbono, sendo que, aproximadamente, o total deste valor é oriundo da reforma a vapor com o uso de tecnologia de captura e armazenamento de carbono (CCS).

Embora a produção de hidrogênio eletrolítico ainda seja pouco representativa, o número de anúncios de projetos cresce cada vez mais. Segundo a *IEA (2023)*, caso os projetos sejam concretizados, a produção anual global de hidrogênio de baixo carbono pode atingir 20 Mt em 2030, dos quais mais de 70% poderá provir da eletrólise da água. A Europa e a Austrália representam aproximadamente 30% e 20%, respectivamente, de todos os projetos de hidrogênio eletrolítico anunciados para 2030, conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa dos projetos de hidrogênio de baixo carbono anunciados até outubro de 2023



Fonte: *IEA (2023)*

Projetos

Além disso, metade dos projetos de hidrogênio anunciados até 2030 estão em fase de estudos de viabilidade, seguidos de projetos em fase inicial. Os projetos que se encontram em construção ou que já tomaram uma decisão final de investimento (FID) representam apenas 4% dos projetos anunciados. Desses projetos, quase metade está ligada as aplicações já existentes nas refinarias e na indústria química (IEA, 2023).

Atualmente, a eletrólise da água representa apenas 0,1% da produção global de hidrogênio, no entanto, a capacidade instalada e o número de anúncio de projetos têm crescido rapidamente nos últimos anos. Cerca de 600 projetos com capacidade combinada de 160 GW foram anunciados desde o último relatório *Global Hydrogen Review 2022* publicado pela IEA. Ao final de 2022, a capacidade global instalada de eletrolisadores de água para a produção de hidrogênio atingiu quase 700 MW, um aumento de 20% em relação ao ano anterior. Os eletrolisadores alcalinos representaram 60% da capacidade instalada no final de 2022, seguido pelos eletrolisadores e membrana de troca de prótons (PEM) com cerca de 30% (IEA, 2023).

Apesar do hidrogênio eletrolítico representar a maioria dos anúncios de projetos, outras rotas tecnológicas estão surgindo, como a produção de hidrogênio a partir de fontes de biomassa, hidrogênio natural e a decomposição do metano e da amônia.

A produção de hidrogênio a partir da biomassa ou bioenergia tem potência para produzir baixa emissão de carbono ou até mesmo emissões negativas se integradas às tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS). A gaseificação da biomassa é a tecnologia mais desenvolvida, sendo possível também, a produção de hidrogênio a partir da pirólise da biomassa, reforma a vapor do biometano ou do etanol.

No Brasil, a produção de hidrogênio a partir da biomassa ou bioenergia tem se destacado em razão do potencial do país em produzir biocombustíveis, como o etanol. Pensando em usufruir deste potencial, a Universidade de São Paulo (USP), em parceria com a Toyota, Hytron, Raízen e Senai CETIQT, irá construir uma planta de produção de hidrogênio a partir da reforma do etanol. O hidrogênio produzido será utilizado para abastecer três ônibus que circularão pela Cidade Universitária e um veículo fornecido pela Toyota. Vale lembrar que, o projeto é financiado pela Shell e sua operacionalização é estimada para ocorrer em 2024.

A decomposição do metano progrediu significativamente em termos de maturidade tecnológica, particularmente em relação à decomposição a plasma. Tal tecnologia tem sido desenvolvida por empresas nos Estados Unidos, Alemanha, França e Austrália.

Além disso, surgiu um número crescente de descobertas de acumulações naturais de hidrogênio, despertando o interesse no hidrogênio natural como um complemento de outras tecnologias de produção de hidrogênio de baixo carbono. O hidrogênio natural apresenta diversas vantagens por ser fonte de energia e não vetor energético, o que elimina a necessidade de combustíveis fósseis e eletricidade na sua produção, além de resultar na redução de emissões e evitar perdas de transformação de energia.

Projetos

Além disso, a produção não está sujeita à intermitência como na produção baseada em energias renováveis. Os locais de produção têm uma pegada terrestre limitada e não há necessidade de água purificada ou armazenamento de CO₂. Apesar disso, sua extração requer sistemas de compressão e purificação, uma vez que, pode conter impurezas como metano, CO₂, hélio e argônio (IEA, 2023). O Quadro 1 apresenta as reservas de hidrogênio natural descobertas até setembro de 2023.

Quadro 1 – Reservas de hidrogênio natural descobertas até setembro de 2023

País	Localização	Desenvolvedores	Status
Austrália	Península de Yorke	Gold Hydrogen	Permissão de extração e exploração garantida a partir de outubro de 2023
Austrália	Península de Eyre	H2EX	Permissão garantida
Austrália	Bacia de Amadeus	Santos	Perfuração de poços para avaliação de recursos
França	Bacia de Lorraine	La Française d’Energie	Pedido de licença exclusiva de exploração apresentado
Mali	Bourakebougou	Hydroma	Operacional desde 2012
Espanha	Pyrenees	Helios Aragon	Licença de perfuração concedida e exploração a partir de 2024
Estados Unidos	Arizona	Desert Mountain Energy	Pedido de exploração apresentado
Estados Unidos	Kansas	Natural Hydrogen Energy	Perfuração exploratória concluída em 2019
Estados Unidos	Nebraska	HyTerra	Perfuração concluída e produção potencial a partir de 2023.

Fonte: IEA (2023)

CUSTOS DE PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO NO MUNDO

O custo de produção do hidrogênio pode variar conforme a tecnologia e a fonte de energia utilizada para além da região onde o hidrogênio é produzido. Antes da crise energética global desencadeada pela guerra na Ucrânia, o custo nivelado do hidrogênio (LCOH) produzido a partir de fontes fósseis situava-se entre 1 e 3 USD/kg H₂. Em 2021, essa rota de produção oferecia uma opção mais barata para produzir hidrogênio em comparação com a utilização de combustíveis fósseis com CCS (1,5 a 3,6 USD/kg H₂) ou se comparada com a produção de hidrogênio pela eletrólise da água usando eletricidade de baixa emissão (3,4 a 12 USD/kg H₂) (IEA, 2023).

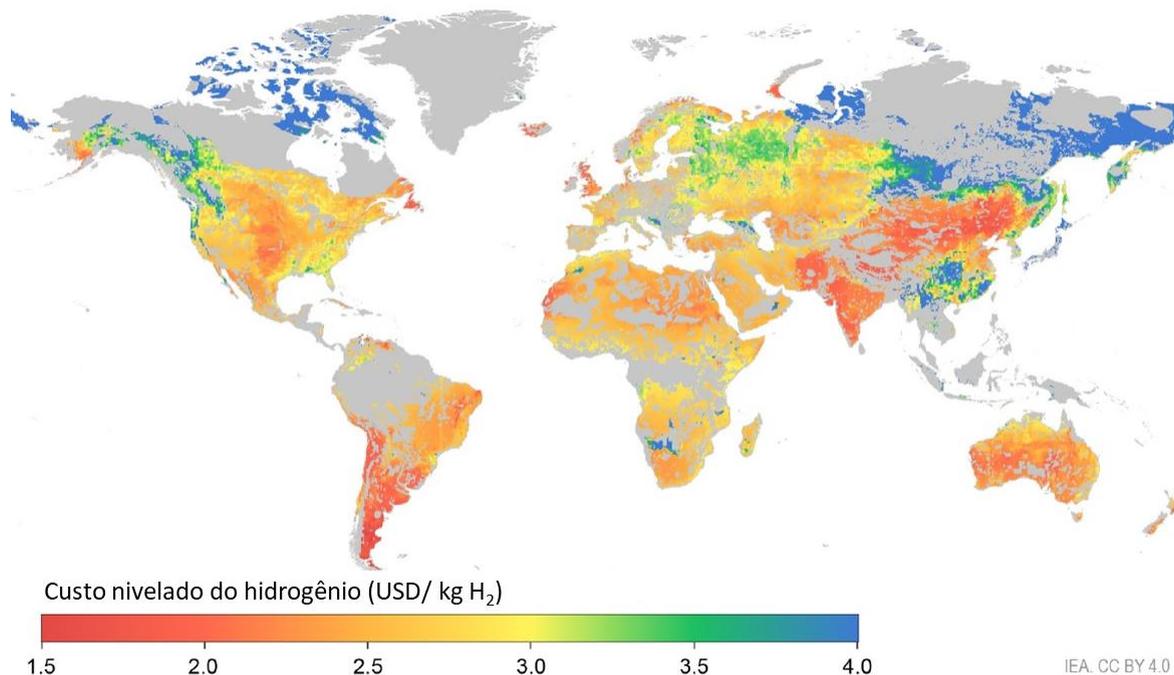
Projetos

A eletricidade é o principal componente do custo da produção de hidrogênio eletrolítico. Os baixos custos de eletricidade e os elevados fatores de capacidade do eletrolisador favorecem menores participações nos custos de eletricidade e menores custos globais de produção de hidrogênio, enquanto as reduções no CAPEX do eletrolisador aumentam a participação dos custos de eletricidade nos custos totais de produção de hidrogênio. Reduzir o custo da eletricidade com baixo teor de carbono será fundamental para alcançar baixos custos de produção de hidrogênio a partir da eletrólise (IEA, 2023).

A produção de hidrogênio a partir de eletricidade renovável é uma rota de produção intensiva em capital. Os investimentos iniciais não são necessários apenas para o eletrolisador, mas também para gerar eletricidade renovável. Conforme a IEA (2023), no atual contexto de taxas de juro crescentes, o aumento do custo médio ponderado de capital (WACC) pode ter impacto profundo na viabilidade econômica dos projetos e nos seus custos de produção de hidrogênio. Por exemplo, aumentar WACC de 5% para 10% resulta num aumento de quase 40% nos custos de produção de hidrogênio, dependendo da fonte de eletricidade renovável. Para os desenvolvedores de projetos em economias emergentes e em desenvolvimento, em particular, o acesso ao financiamento pode ser uma barreira quando refletida num WACC que é muitas vezes mais elevado em comparação com as economias avançadas. Aumentar o WACC de 6% para 15%, por exemplo, aumentaria o custo da produção de hidrogênio a partir da energia solar fotovoltaica em mais de 70% (IEA, 2023).

Várias regiões ao redor do mundo apresentam condições para gerar energia renovável e produzir, em 2030, hidrogênio eletrolítico renovável com baixos custos, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Custos de produção de hidrogênio em 20230



Projetos

O custo de produção do hidrogênio fabricado a partir do gás natural com o uso de CCS é fortemente influenciado pelos preços do gás natural. Em 2022, com a guerra da Ucrânia, o preço do gás natural aumentou para até 70 USD/Mbtu. Sendo assim, o hidrogênio produzido com o gás natural se tornou uma opção exorbitante em razão do preço. Durante os primeiros três meses de 2023, o preço do gás natural caiu para uma média de 14 USD/Mbtu na Europa, o que significaria um custo de hidrogênio de 3 USD/kg H₂ para essa rota de produção. Para que a produção de hidrogênio a partir de gás natural com CCUS alcance custos de produção de 1 USD/kg H₂ seria necessário que o preço do gás fosse inferior a 1 USD/MBtu. O impacto do WACC no custo da produção de hidrogênio por essa rota tecnológica é muito inferior ao do hidrogênio renovável produzido com eletrólise, uma vez que, o custo de produção a partir de eletrólise utilizando eletricidade renovável é quase totalmente baseado em CAPEX, enquanto que para produzir hidrogênio a partir de eletricidade de gás natural, a participação do CAPEX é de 5-30%. Por outro lado, um aumento de 2% no WACC, de 3% para 5%, resulta em um aumento de custos de cerca de 0,1 USD/kg H₂. Uma duplicação do WACC de 5% para 11% eleva os custos de 3-17%, dependendo do preço do gás e do impacto serem maiores a preços de gás e mais baixos do que as alterações do WACC (IEA, 2023).

Os custos de produção do hidrogênio variam com a rota tecnológica, custo da energia ou de uma região para outra. Ademais, os custos podem variar de acordo com a fronteira utilizada no estudo do LCOH, o que pode dificultar a precisão dos custos de produção do hidrogênio de baixo carbono.

Em estudo realizado pela World Wide Fund for Nature Brasil (WWF-Brasil), foram analisados os custos de produção de hidrogênio em três rotas de produção no Brasil: (i) eletrólise usando energia solar; (ii) eletrólise usando energia eólica e (iii) reforma a vapor do etanol. A conclusão do estudo é de que a produção de hidrogênio pela eletrólise da água utilizando energia eólica é a rota que apresenta menor custo (5,93 USD/kg H₂), seguida pela reforma a vapor do etanol (USD 7,39/kg H₂). Utilizando valores do mercado brasileiro e no caso da reforma do etanol, o cálculo considerou investimentos, custos fixos e variáveis, despesas com aquisição de combustível e margem de lucro.

Por outro lado, a Clean Energy Latin America (CELA, 2023) desenvolveu o Índice LCOH Brasil para o hidrogênio renovável produzido pela eletrólise da água. Na primeira edição do índice seria possível produzir hidrogênio com custo nivelado entre 2,87 USD/kg H₂ e 3,56 USD/kg de H₂ em algumas regiões do país junto a otimização e incentivos, sendo possível chegar em até 1,69 USD/kg H₂. Dessa forma, o objetivo da ferramenta é ser uma aliada na tomada de decisões.

Projetos

Pensando nas diferenças dos valores encontrados em estudos sobre o LCOH, a Agora Industry publicou um relatório que analisa as fronteiras para determinar o LCOH, visando esclarecer as diferenças entre os estudos existentes e os projetos no mundo real. De acordo com [Agora Industry \(2023\)](#) é importante que as estimativas de custos sejam transparentes para orientar políticas de apoio ao hidrogênio de baixo carbono. Além disso, estimativas simplificadas tendem a subestimar os custos reais de implementação de projetos, recomendando foco pragmático em impulsionadores de custos fundamentais. Ademais, a Agora Industry também disponibilizou uma ferramenta para cálculo do LCOH.

Artigo GESEL/AHK: Hubs de hidrogênio verde e perspectivas para as diferentes regiões do Brasil

O novo artigo do GESEL, intitulado “*Hubs de hidrogênio verde e perspectivas para as diferentes regiões do Brasil*” foi publicado pelo Portal de Hidrogênio Verde da Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK) e é assinado por Nivalde José de Castro (Coordenador do GESEL); Luiza Masseno Leal (Pesquisadora do GESEL e da Instituição de Ciência, Tecnologia e Inovação Rede de Estudos do Setor Elétrico – ICT-RESEL) e Vinícius José da Costa (Pesquisador Júnior do GESEL). Segundo os autores, “o Governo do Ceará, que conseguiu articular as forças produtivas da indústria e da academia para firmar uma política pública direta e objetiva, focada na criação do hub do porto de Pecém, é um exemplo a ser seguido”. Para saber mais, [clique aqui](#).

Hidrogênio verde e seus desafios tributários

O Brasil possui grande potencial para se tornar um importante fornecedor de energia limpa para o mundo, especialmente por meio do hidrogênio verde. No entanto, algumas questões precisam ser superadas para que essa oportunidade beneficie o país plenamente. Uma das principais questões é a tributação relativas ao ICMS sobre a aquisição de energia para produção de hidrogênio verde. Além disso, a indefinição sobre a incidência de tributos sobre imóveis que recebem plantas de energia renovável também impacta o setor. Superar esses desafios é fundamental para viabilizar projetos de longo prazo e consolidar o Brasil como líder na produção de energia verde para o mundo. Para saber mais, [clique aqui](#).

Armazenamento e transporte

Esta seção apresenta o estágio atual do desenvolvimento de tecnologias para o armazenamento de hidrogênio. Alguns países estão investindo em reformas na infraestrutura para suportar importações e exportações de H₂, assim como sublinhando o desenvolvimento de projetos e estudos de viabilidade, como pode ser observado na Quadro 2

Quadro 2 – Projetos e estudos de armazenamento de H₂ em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Resumo
Gasoduto	Grécia	DESFA	Construção de um gasoduto de hidrogênio de 1 bilhão de euros com 540 km para conectar a Grécia à Bulgária.
	Alemanha	Ferngas	Projeto de conectar a siderúrgica Stahlwerk Thüringen à rede de hidrogênio.
		Thyssengas e Stadtnetze Münster	As empresas assinaram um MoU para coordenar planos de expansão de suas redes de gasodutos a fim de fornecer hidrogênio na região de Münster.
	Reino Unido	Luxfer Gas Cylinders	Construção de nova instalação de produção que apoiará "gasodutos virtuais". Serão produzidos Contêineres de Gás de Múltiplos Elementos (MEGCs) que estarão disponíveis a partir do verão de 2024, podendo armazenar entre 0,5 e 1,4 toneladas de gás limpo.
		SGN	O projeto de £ 30 milhões testará 100% de gás de hidrogênio por meio de um gasoduto desativado de 30 km entre Grangemouth e Granton na Escócia.

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H₂.

Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H₂ em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Resumo
Gasoduto	Austrália	AGIG	Expansão do projeto Hydrogen Park South Australia para fornecer hidrogênio para 4 mil residências, bem como a aprovação do projeto Hydrogen Park Gladstone que visa fornecer hidrogênio para uso residencial e industrial.
Oleoduto	Estados Unidos	Wood	A empresa conduz estudos teóricos e de engenharia de pré-design para quase 2.000 milhas de oleodutos em terra na América do Norte.
Cavernas de Sal	Canadá	Vortex Energy	Conclusão de uma avaliação da capacidade de armazenamento de hidrogênio em duas estruturas diferentes de cavernas de sal. Segundo os resultados, é possível armazenar 900 mil toneladas em mais de 53 cavernas na primeira e até 350 mil toneladas de hidrogênio em mais de 43 cavernas na segunda caverna.
		Atco Mining	A Atco Mining Inc. identificou pelo menos uma estrutura de sal adequada para armazenamento de hidrogênio. Cavernas de sal com volume de armazenamento superior a 2 milhões de metros cúbicos podem ser desenvolvidas na propriedade.
	Estados Unidos	HydrogenPro	Hub de armazenamento de hidrogênio com capacidade de armazenamento em cavernas de sal de 4,5 milhões de barris, cerca de 39.000 Nm ³ /h.
Cilindros	Estados Unidos	Plastic Omnium	Construção de uma fábrica de armazenamento de hidrogênio com capacidade de produção anual de até 100 mil de recipientes de hidrogênio de alta pressão com previsão de operação para o final de 2026.
	Noruega	Provaris Energy	Iniciado um programa de testes de protótipo de tanque para transportadores de hidrogênio comprimido.
Sólido	China	Shanghai Pujiang e Hidrexia	Fornecimento de várias unidades de trailers de armazenamento e transporte de hidrogênio de estado sólido baseados em magnésio para a Pujiang.

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H₂.

Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H₂ em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Resumo
Metano	Finlândia	Wärtsilä	A Wärtsilä liderará o projeto de engenharia básica para a liquefação de metano sintético.
Infraestrutura Portuária	África do Sul	Empresas Port of Rotterdam e Vopak	O Porto de Roterdã e a Koninklijke Vopak NV foram convidados a apresentar planos de construção e financiamento para um Porto de USD 2,8 bilhões para enviar commodities, incluindo hidrogênio e seus derivados do noroeste da África do Sul.
	Chile	ENAP	A ENAP assinou acordo com seis empresas para transformar o Terminal Marítimo Gregório em complexo industrial de hidrogênio verde, visando desenvolver infraestrutura para produção, armazenamento, exportação e comercialização de combustíveis à base de hidrogênio verde.
	Holanda/Alemanha	Portos de Roterdã e Duisburg	Estudo de viabilidade destacando o papel combinado que os dois portos podem desempenhar no apoio à crescente demanda da indústria por hidrogênio e seus derivados, atuando como intermediários entre os governos, indústria e futuros participantes no mercado de hidrogênio.

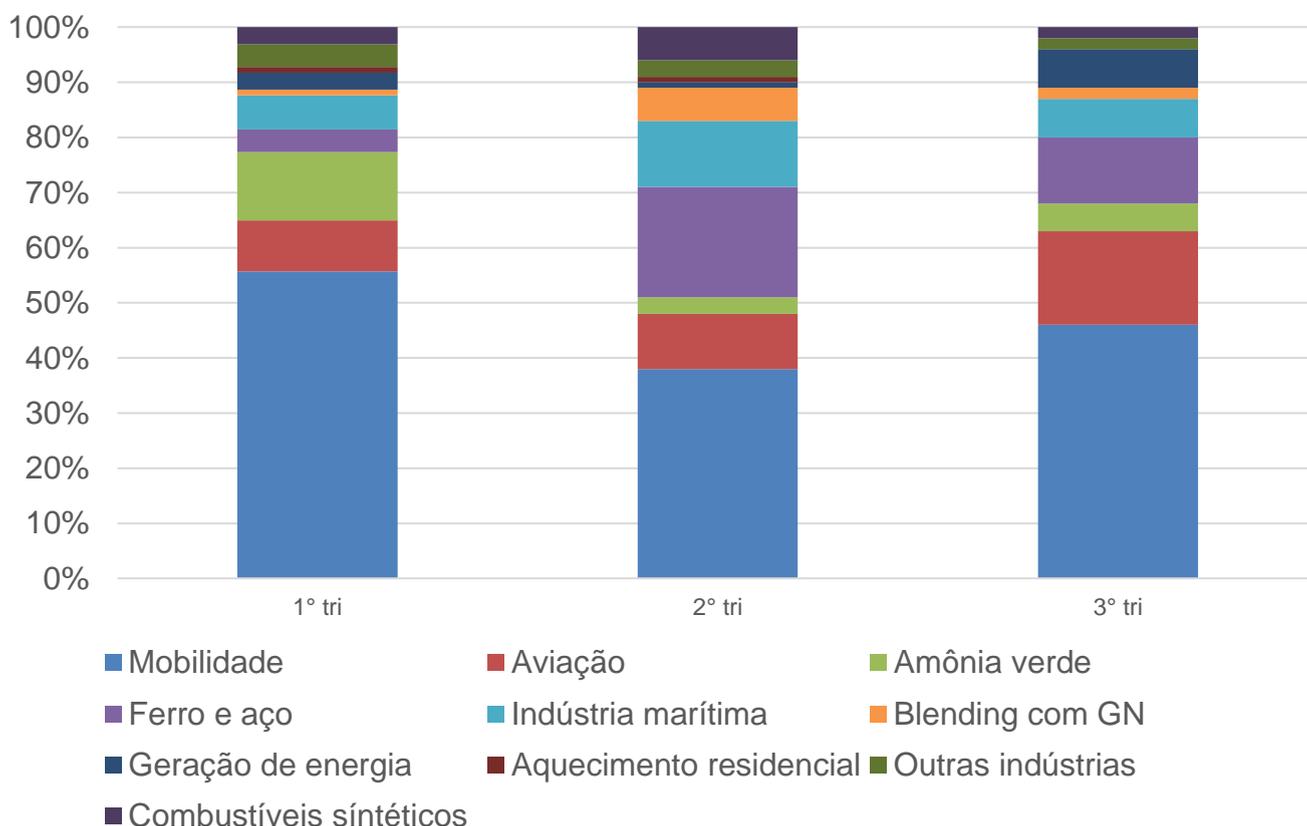
Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H₂.

Considerando o quadro anterior, é perceptível a avaliação dos países sobre o armazenamento de H₂ por diferentes tecnologias, considerando as características particulares de cada um.

Uso Final

A partir da consolidação e sistematização dos Informativos Setoriais de H2 durante o 3º trimestre de 2023, busca-se visualizar os avanços nacionais e internacionais relacionados ao uso final do H2, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Comparação da participação dos tipos de usos finais do hidrogênio no 1º, 2º e 3º trimestres de 2023 (em %).



Fonte: Elaboração própria dos autores, a partir de IFE H2.

Observa-se certo aumento nas iniciativas de amônia verde quando comparado ao 2º trimestre de 2023 (de 3% para 5%). No entanto, as iniciativas de amônia foram mais expressivas no 1º trimestre de 2023, assim como as iniciativas voltadas para o uso do hidrogênio na mobilidade. Apenas as iniciativas aplicadas ao setor aéreo continuaram a crescer em todos os trimestres de 2023. Além disso, nota-se que não aconteceram iniciativas voltadas para o aquecimento residencial no 3º trimestre de 2023. Conforme visto anteriormente, a exigência da transição energética está presente em diversos setores.

Uso Final

A aviação sustentável tem sido um dos focos das empresas e dos governos nacional e internacionais. Diante disso, a 37ª Assembleia da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) definiu como metas globais para o setor a melhoria da eficiência energética em 2% ao ano e o crescimento neutro em carbono a partir de 2020. Algumas das medidas para alcançar essas metas incluem: melhorias operacionais; melhorias tecnológicas; investimentos em infraestrutura; combustíveis sustentáveis para aviação e medidas de mercado (Ministério da Infraestrutura, 2018). Sendo possível dividir as iniciativas no setor de aviação entre empresas e iniciativas direcionadas para a produção de combustível sustentável de aviação (SAF). Além disso, no contexto nacional, foi inaugurada a primeira planta de produção de combustível sustentável (SAF) no Rio Grande do Norte (vide BOX 1).

BOX 1: Brasil inaugura primeira planta piloto de produção de combustível sustentável de aviação

O Laboratório de Hidrogênio e Combustíveis Avançados (H2CA) – a primeira planta piloto do Brasil para a produção de combustível sustentável de aviação (SAF) – foi inaugurado no Rio Grande do Norte em uma parceria entre o Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) e a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável. O laboratório tem objetivo de produzir SAF a partir da glicerina, um coproduto da indústria de biodiesel subutilizado ou exportado a baixos preços, atualmente. O SAF, além de ser certificado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), visa reduzir as emissões de gases do efeito estufa produzidos pela aviação brasileira. A planta piloto planeja elevar a produção de Syncrude (petróleo sintético) de 200 ml/dia para até 5 litros/dia. O SAF será obtido mediante processo de recirculação química ao transformar glicerina em gás de síntese, que por sua vez, é convertido em combustível sustentável de aviação. A iniciativa é uma resposta às regulamentações que exigem a redução das emissões de carbono nos voos internacionais a partir de 2027. Ademais, o SAF será uma alternativa mais limpa aos combustíveis fósseis na aviação, tendo o Brasil potencial para se tornar um grande produtor de SAF, especialmente devido à disponibilidade de energia renovável no Rio Grande do Norte em razão dessa produção.

Para saber mais, clique [aqui](#).

Uso Final

Além do Brasil, a Europa também forneceu fortes incentivos para a descarbonização do setor da aviação, bem como para o setor de mobilidade. A empresa Solaris se destacou pela entrega de aproximadamente 250 veículos movidos a hidrogênio na Europa. A América e a Ásia também apoiam fortemente o desenvolvimento da mobilidade limpa. Na Índia, por exemplo, foi inaugurada uma fábrica de células a combustível, além do teste de 5 veículos movidos a hidrogênio. Nos Emirados Árabes Unidos e na Coreia foram inauguradas estações de abastecimento, enquanto em Singapura e no Japão foram testados novos veículos movidos a hidrogênio.

No setor de ferro e aço, a empresa H2 Green Steel se destaca como uma das responsáveis por iniciativas no setor. A empresa assinou acordos de fornecimento de aço verde para empresas como IKEA e o Grupo Volvo, além de parceria com a Rio Tinto para a produção de aço a partir de hidrogênio de baixo carbono (vide BOX 2).

BOX 2: H2 Green Steel irá impulsionar a produção de aço verde na Suécia

A empresa sueca H2 Green Steel se prepara para impulsionar a produção de aço verde com hidrogênio e visa liderar a produção em larga escala até 2025. O aço verde é produzido substituindo o hidrogênio verde pelo carvão usado atualmente na produção de aço, sendo o setor responsável por cerca de 8% das emissões globais de dióxido de carbono. Recentemente, a H2 Green Steel anunciou parcerias e acordos importantes para seu crescimento. Em maio, a empresa anunciou uma colaboração com a Thyssenkrupp Nucera para criar uma planta de eletrólise de 700 MW na Suécia, utilizando tecnologia de eletrólise alcalina da Thyssenkrupp. Além disso, a H2 Green Steel fechou um acordo com as mineradoras Rio Tinto e Vale para o fornecimento de minério de ferro em pellet para sua planta. A H2 Green Steel – anteriormente subsidiária da fabricante de baterias Northvolt, com vários projetos semelhantes em andamento na Europa – está se unindo a outros produtores de aço na busca pelo aço verde.

Para saber mais, clique [aqui](#).

Tecnologia e Inovação

O Brasil tem avançado significativamente na pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em tecnologias de hidrogênio com a inauguração de vários laboratórios de pesquisa e plantas piloto através da iniciativa H2Brasil. Além disso, foi anunciado a ampliação dos investimentos em projetos de PD&I para R\$ 200 milhões por ano. Dentre os laboratórios inaugurados, destacam-se: o Centro de Hidrogênio Verde (CH2V) no campus da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI); o Laboratório de Hidrogênio e Combustíveis Avançados (H2CA) no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) no Rio Grande do Norte; o Laboratório de Hidrogênio e Máquinas Térmicas da Universidade Federal do Ceará (UFC); a planta piloto de hidrogênio no Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ) e a planta de hidrogênio no Laboratório Fotovoltaica da Universidade Federal de Santa Catarina.

O CH2V no campus da UNIFEI é fruto de uma parceria com o projeto H2Brasil, respaldado pelo governo federal. A primeira fase do CH2V, inaugurada em setembro de 2023, já abriga instalações alimentadas por painéis solares, laboratórios dedicados à pesquisa e aulas sobre hidrogênio. Em 2024, a segunda fase do centro implementará uma planta de produção de hidrogênio verde e uma estação de abastecimento, impulsionando ainda mais as capacidades dessa instalação.

Além das contribuições mencionadas, o CH2V planeja se tornar um epicentro de pesquisa e inovação abrangendo diversas áreas, como produção, armazenamento, transporte e aplicações do hidrogênio verde. Ao oferecer cursos de graduação, pós-graduação e especialização, o centro não apenas impulsionará a formação de profissionais qualificados na área do hidrogênio, mas também irá difundir conhecimento fundamental para o avanço dessa tecnologia no Brasil. Destaca-se ainda que, o CH2V não apenas visa a expansão científica, mas também contribui para o desenvolvimento econômico sustentável do Brasil, uma vez que, o hidrogênio verde pode substituir combustíveis fósseis, reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa.

Outro avanço notável ocorre em São Paulo, onde está sendo construída uma estação experimental de abastecimento de hidrogênio renovável baseado na reforma a vapor do etanol. Financiado pela Shell Brasil, em colaboração com Hytron, Raízen, SENAI CETIQT e USP, o projeto inovador utiliza um reformador a vapor de etanol para converter esse biocombustível em hidrogênio por meio de reações a vapor. Com capacidade para produzir 4,5 quilogramas de

Tecnologia e Inovação

hidrogênio por hora, a estação se destina ao abastecimento de ônibus e veículos leves. Ao demonstrar a viabilidade do etanol como fonte para produção de hidrogênio renovável, o projeto contribui para a transição energética e descarbonização ao se valer da abundância de cana-de-açúcar no Brasil.

O projeto também conta com o apoio da Toyota para testes de desempenho do hidrogênio, consolidando o Brasil como um dos líderes globais na tecnologia do hidrogênio. Prevista para operar a partir do segundo semestre de 2024, a estação não só promove a produção de hidrogênio renovável, mas também promete contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa no país. O Brasil, ao investir em pesquisa, educação e projetos visionários com novos laboratórios de hidrogênio e a estação de abastecimento de hidrogênio à base de etanol, se posiciona estrategicamente para liderar a transição global para uma economia de baixo carbono.

Paralelamente, o governo dos Estados Unidos anunciou US\$ 7 bilhões em investimentos iniciais para produzir hidrogênio limpo, focando particularmente em centrais nucleares. Essa iniciativa, liderada pelo Departamento de Energia dos EUA (DOE), reflete um compromisso substancial com o desenvolvimento do hidrogênio verde. Ao direcionar recursos para pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias, a estratégia do DOE planeja aprimorar a produção de hidrogênio proveniente de fontes limpas, incluindo a energia nuclear. Com empresas proeminentes como Ballard Power Systems, Plug Power, Linde, Shell e BP envolvidas, o investimento visa tornar o hidrogênio mais competitivo em relação aos combustíveis fósseis, reduzindo custos e aumentando a produção. Esse movimento, somado a avanços tecnológicos adicionais, aponta para a crescente realidade do hidrogênio com implicações significativas na redução das emissões de gases de efeito estufa e no impulso para um futuro mais sustentável.

No cenário dinâmico da pesquisa em hidrogênio, um importante avanço se dá com o método desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Tel Aviv. Esse eficiente método, baseado em um biocatalisador ancorado a um hidrogel, é inovador para a produção de hidrogênio verde. A enzima conhecida como hidrogenase, catalisa a eletrólise da água, enquanto o hidrogel, composto por celulose – um material abundante e de baixo custo – oferece porosidade para a passagem de água e elétrons. Ao contrário de métodos convencionais que frequentemente empregam metais preciosos ou água destilada, essa abordagem se destaca por sua acessibilidade econômica. Tal método tem uma taxa de conversão de mais de 90% da eletricidade utilizada para a eletrólise convertida em hidrogênio, tornando-o promissor para diversas aplicações.

Tecnologia e Inovação

O Tour de France de 2023, competição de ciclismo de estrada, se destaca como eficiente demonstração do potencial do hidrogênio como fonte de energia sustentável. A caravana, composta exclusivamente por quatro veículos Hyundai Nexo H2 movidos a hidrogênio, demonstrou os benefícios dessa tecnologia em ato. Os Nexo H2, com seu tempo de recarga excepcionalmente rápido de 5 minutos, não apenas oferecem uma solução para o transporte de passageiros e carga, mas também reforçam a viabilidade do hidrogênio como alternativa limpa em eventos de grande visibilidade.

Além de sua visibilidade global, a caravana do Tour de France proporcionou uma oportunidade única de demonstrar ao público que a mobilidade com hidrogênio é uma realidade factual. A presença desses veículos prova não apenas a eficiência dessa tecnologia, mas também destaca o papel importante que regiões como Auvergne-Rhône-Alpes desempenham para impulsionar a infraestrutura de hidrogênio. Esse evento exemplifica como o hidrogênio pode desempenhar um papel integral na busca por soluções de transporte mais sustentáveis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Em outra esfera, a parceria entre a WATT Fuel Cell e a concessionária de gás natural Hope Gas, nos EUA, oferece avanços significativos na incorporação de células a combustível na matriz energética residencial. Com o fornecimento de 500 células a combustível de óxido sólido Imperium, essa colaboração aponta para uma transição mais limpa e eficiente. As células Imperium se destacam pela eficiência, durabilidade e tamanho compacto, tornando-as particularmente atrativas para aplicações residenciais. A tecnologia converte gás natural em hidrogênio, convertido diretamente em energia elétrica para as residências através das células a combustível. Essa iniciativa, voltada para residências em áreas vulneráveis, é notável pela capacidade de fornecer energia confiável mesmo em situações de interrupção da rede elétrica, revelando a adaptabilidade das células a combustível.

A Sinopec, uma das principais empresas petrolíferas do mundo, deu um passo importante na promoção do hidrogênio de baixo carbono na China ao lançar com sucesso um projeto de demonstração em Kuqa, região autônoma de Xinjiang Uygur. O projeto abrange todo o ciclo de produção e utilização de hidrogênio com o uso de uma usina solar fotovoltaica de 300 megawatts para fornecer energia à eletrólise da água. Apesar de ser um projeto de demonstração, sua escala e êxito indicam a viabilidade da produção em larga escala de hidrogênio, sinalizando avanços fundamentais para a indústria chinesa de hidrogênio verde.

Tecnologia e Inovação

Enquanto isso, na Espanha, a SARRALLE inaugurou uma estação de pré-aquecimento de placas movida inteiramente a hidrogênio de baixo carbono em uma siderúrgica da ArcelorMittal. Essa iniciativa assume um papel fundamental na busca pela redução das emissões globais de gases de efeito estufa, sendo o setor siderúrgico responsável por aproximadamente 7% dessas emissões. A SARRALLE utiliza um sistema de oxidação inovador, alimentado por hidrogênio, para pré-aquecer o aço, eliminando emissões de CO₂ no processo e proporcionando economia de energia. O emprego do hidrogênio na fabricação do aço não só reforça seu papel como fonte sustentável, mas também representa um caminho promissor para tornar a indústria siderúrgica mais sustentável e energeticamente eficiente.

Além desses desenvolvimentos, a Itália assistiu à colaboração entre o Iris Ceramica Group e a Edison Next na criação da H2 Factory™, a primeira fábrica de cerâmica alimentada por hidrogênio com baixa emissão de carbono em Castellarano. Visando descarbonizar um intensivo setor de energia responsável por cerca de 2,5% das emissões globais de gases de efeito estufa, o projeto usará eletrólise alimentada por energia renovável na produção de hidrogênio verde. O hidrogênio resultante será empregado para alimentar o forno da fábrica, oferecendo potencial para reduzir até 900 toneladas de CO₂ por ano. A iniciativa não apenas destaca a aplicação viável do hidrogênio em setores intensivos em energia, mas também serve como modelo de cooperação empresarial para impulsionar a sustentabilidade e atingir metas significativas de descarbonização.

Esses projetos demonstram que o hidrogênio está emergindo como solução fundamental na transição energética. Ao abordar desafios em setores diversos, desde o petróleo e gás até a indústria siderúrgica e cerâmica, essas iniciativas promovem a aplicação prática do hidrogênio, oferecendo uma visão tangível de um futuro mais sustentável e descarbonizado.

Considerações Finais

O acompanhamento sistemático do desenvolvimento da hidrogênio por meio do Informativo Setorial de Hidrogênio (IFE H2 - GESEL) demonstrou a necessidade de avaliações analíticas periódicas, capazes de identificar, mapear e analisar as principais políticas públicas e regulatórias, as inovações tecnológicas, o posicionamento e as estratégias da indústria do hidrogênio de baixo carbono, no âmbito nacional e internacional. Desta forma, o Relatório do Observatório de Hidrogênio espera contribuir para uma maior divulgação do conhecimento referente ao tema e impulsionar debates e estudos acerca de novas estratégias e políticas para esta tecnologia em desenvolvimento no Brasil.



Para receber o Informativo Setorial de Hidrogênio, acesse [aqui](#).

Para ler os Informativos Setoriais de Hidrogênio já publicados, acesse [aqui](#).



Observatório de Hidrogênio



@geselufrj