

# Observatório de Hidrogênio

Nº 12

---

2º TRIMESTRE  
2023



**GESEL**

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

# Observatório de Hidrogênio N° 12

## **Organizadores**

Nivalde de Castro

Sayonara Elizário

Kalyne Brito

## **Equipe de Pesquisa**

Bruno Elizeu

Sofia Paoli

## **Revisão Geral**

Pablo Sathler

Bianca Castro

Novembro de 2023

# Sumário

Introdução.....	4
Políticas Públicas e Financiamentos.....	5
Projetos.....	12
Armazenamento e Transporte.....	14
Uso Final.....	19
Tecnologia e Inovação.....	22
Considerações Finais.....	24

# Introdução

---

O hidrogênio (H<sub>2</sub>) 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 H<sub>2</sub>, 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

---

Segundo a [Deloitte \(2023\)](#), o mercado de hidrogênio terá um crescimento expressivo, alcançando a cifra de US\$ 1,4 trilhão ao ano até 2050, dos quais, 85% desse montante, será representado pelo hidrogênio verde, alinhado à crescente busca por fontes de energia limpa nos mais diversos setores.

Especificamente, os setores industriais do ferro e do aço projetam uma demanda significativa por hidrogênio limpo que pretende ultrapassar 250 MtH<sub>2</sub>eq, o que corresponde a 42% da demanda global de hidrogênio. Em um cenário cujo debate sobre as questões climáticas é urgente, a busca por soluções energéticas sustentáveis impulsionará ainda mais a admissão do hidrogênio limpo no mundo. Projetando certo cenário a longo prazo, as previsões apontam para que o comércio internacional de hidrogênio atinja sua maturidade em 2050 e gere, a partir disso, uma receita anual de exportação de mais de US\$ 280 bilhões em diferentes regiões do globo. Nesse contexto, a África do Norte, América do Norte, Austrália e Oriente Médio destacam-se como alguns dos principais mercados para esse tipo de atividade.

## BRASIL

O hidrogênio está emergindo rapidamente como uma [peça-chave](#) na busca por uma matriz energética mais limpa e sustentável. Diante disso, sua notável capacidade de gerar energia limpa, armazenar eletricidade proveniente de fontes renováveis e substituir gradualmente os combustíveis fósseis está transformando consideravelmente o cenário energético global. Impulsionada por inovações como, os veículos à célula a combustível e a produção de hidrogênio verde, a tecnologia avança de maneira célere. Nesse contexto, o Brasil tem se esforçado para estabelecer sua posição no [mercado global](#) de hidrogênio verde. Com recursos abundantes de energia eólica, o país visa se consolidar como um importante player para exportação. A empresa de energia renovável Casa dos Ventos já instalou 80 turbinas eólicas para a produção de hidrogênio verde.

# Políticas Públicas e Financiamentos

No entanto, para maximizar esse potencial, a criação de um plano nacional de hidrogênio verde é essencial para atrair investimentos e estabelecer políticas coerentes. Tendo isso em vista, o Secretário de Economia Verde, Descarbonização e Bioindústria do Ministério de Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) encabeça esforços para [regulamentar](#) a energia eólica offshore com foco na produção de hidrogênio. Esse interesse tem sido acompanhado por certo apelo à implementação de regulamentações sólidas que fomentem um ambiente de negócios estável e previsível ao invés de depender de subsídios.

No nível estadual, nota-se grande potência no que se refere, não só ao desenvolvimento de projetos de hidrogênio, mas também, as políticas e incentivos fiscais para executar projetos viáveis. Estados e municípios brasileiros estão adotando [incentivos fiscais](#) como parte de sua estratégia para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. O município do Rio de Janeiro, por exemplo, criou o [ISS neutro](#) que reduz a alíquota de impostos sobre serviços relacionados ao mercado de carbono<sup>1</sup>, refletindo assim, uma tendência mais ampla do mercado. Além dessa, outras iniciativas podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Políticas e incentivos ao hidrogênio ao nível estadual.

Estados	Políticas e incentivos ao hidrogênio
Rio de Janeiro	<ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">PL nº 1246/2023</a> – Institui a criação do Programa HIDRO-RJ para fomentar o hidrogênio e células a combustível;</li><li>• <a href="#">PL 1245/2023</a> – Altera a Lei Nº 6.979 de 31 de março de 2015 que trata sobre tratamentos tributários especiais a estabelecimentos industriais. Na prática, o projeto em questão amplia o escopo de redução do ICMS para 2% a fim de contemplar todos os estabelecimentos cujas atividades ou processos industriais tenham como matriz energética o uso do hidrogênio.</li></ul>
<a href="#">São Paulo</a>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Programa de Hidrogênio de baixo Carbono do estado de São Paulo com objetivo de fomentar a demanda, produção, pesquisa, desenvolvimento e inovação do mercado de hidrogênio produzido pela eletrólise e utilizando biomassa;</li><li>• Lançamento de um pacote de medidas de R\$ 500 milhões para projetos de descarbonização e transição energética nos municípios paulistas por meio do programa Desenvolve SP.</li></ul>
<a href="#">Espírito Santo</a>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instituição do Programa GERAR Hidrogênio cujo objetivo é impulsionar o uso sustentável do hidrogênio para fortalecer a economia local.</li></ul>

Fonte: Elaboração própria

<sup>1</sup> Projetos de crédito de carbono, plataformas de transação e serviços de inventário de emissões de gases de efeito estufa desde que as prestadoras estejam estabelecidas no estado do Rio de Janeiro.

# Políticas Públicas e Financiamentos

A Bahia concede, desde 2022, deferimento de ICMS nas saídas internas de energia renovável para a produção de hidrogênio e amônia verdes, assim como o Ceará e Piauí, que diferem o ICMS na entrada interestadual de energia a ser utilizada na produção de hidrogênio verde sob determinadas condições.

Por outro lado, a Comissão Mista sobre o Hidrogênio Verde (H2V), presidida pelo senador Cid Gomes (PDT-CE) está elaborando a regulamentação do mercado de hidrogênio verde no Brasil até o primeiro semestre de 2024, buscando assim, proporcionar um ambiente de segurança jurídica para investidores interessados nesse combustível.

No setor privado, a Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica (ABSOLAR); a Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias (ABEEólica); a Associação Brasileira do Biogás (ABIOGÁS) e a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro (AHK Rio) formaram o [Pacto Brasileiro pelo Hidrogênio Renovável](#) (PBHR). O objetivo desse pacto é acelerar o desenvolvimento do mercado brasileiro de hidrogênio renovável e contribuir na definição de um arcabouço regulatório. As propostas apresentadas pelo PBHR podem ser categorizadas em seis eixos:

- i. Definir um arcabouço legal-regulatório;
- ii. Incentivar a descarbonização, incluindo o hidrogênio renovável;
- iii. Incentivos comerciais;
- iv. Subsídios, como a redução de carga tributárias e créditos fiscais;
- v. Linhas de financiamento; e
- vi. Incentivar a formação e capacitação de profissionais.

De modo geral, as [propostas apresentadas](#) relacionam-se com os cinco eixos do Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2). Além disso, destaca-se a criação de um mercado de carbono, redução da carga tributárias (PIS/COFINS, ICMS, IPI, II, IR e CSLL) e créditos fiscais para a cadeia produtiva de hidrogênio renovável, aumentando dessa forma, o limite de financiamento, além de outras atividades.

# Políticas Públicas e Financiamentos

## FIQUE DE OLHO!

### **Artigo GESEL: Análise das propostas de política pública do Pacto Brasileiro pelo Hidrogênio Renovável**

O surgimento da Hidrogênio Renovável no Brasil suscita políticas públicas para conferir competitividade ao mercado. A fim de contribuir com essas definições, o GESEL publicou um artigo no Broadcast Energia da Agência Estado de São Paulo, analisando as propostas do Pacto Brasileiro de Hidrogênio Renovável (PBHR), formulado por três associações: ABEÓLICA, ABSOLAR e ABIOGÁS.

Para acessar o artigo na íntegra, [clique aqui](#).

A colaboração internacional também desempenha um papel crucial no desenvolvimento do mercado de hidrogênio. A União Europeia anunciou um investimento significativo de [2 bilhões de](#) euros para apoiar a produção de hidrogênio verde no Brasil, estabelecendo, dessa forma, uma parceria estratégica que pode impulsionar não apenas a transição energética, mas também a cooperação bilateral em questões ambientais.

Considerando o otimismo dos [bancos](#) sobre o potencial do Brasil na produção industrial de hidrogênio verde, o país está se posicionado para capitalizar seus recursos naturais junto ao compromisso da sustentabilidade a fim de consolidar sua posição como líder na economia do hidrogênio verde. Essa evolução ressalta a importância de uma abordagem integrada, envolvendo regulamentações eficazes, inovação tecnológica e colaborações internacionais para uma transição bem-sucedida para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

## CENÁRIO INTERNACIONAL

A [Europa](#) anunciou a adoção de novas regras para produção de hidrogênio renovável mediante dois Atos Delegados. Os atos estabelecem regras que definem os critérios para conceituar o hidrogênio e outros combustíveis à base de hidrogênio como energia renovável. Além disso, oferecem uma metodologia para calcular as emissões de gases de efeito estufa associadas a esses combustíveis. Essas novas regras estão inseridas em uma estrutura regulatória mais ampla da União Europeia (UE) para o hidrogênio.

# Políticas Públicas e Financiamentos

Um aspecto fundamental dessas regras é a exigência de que todos os combustíveis renováveis, incluindo o hidrogênio, sejam produzidos a partir de fontes de eletricidade igualmente renováveis. Vale ressaltar que, essas regras não se aplicam apenas aos produtores domésticos de hidrogênio, mas também aos produtores internacionais que podem exportar hidrogênio renovável para a União Europeia. Isso demonstra o compromisso da UE em estender suas regulamentações a produtos importados a fim de garantir que os padrões ambientais sejam mantidos em todas as etapas da cadeia de fornecimento de hidrogênio.

Na busca contínua por uma abordagem mais sustentável e com baixas emissões de carbono, a [Alemanha](#) está abrindo suas portas para vendedores de hidrogênio, o que sinaliza uma mudança significativa em sua estratégia energética. Com a possível dependência de importações, que representam dois terços de seu futuro suprimento de hidrogênio verde, o país está estabelecendo um cenário promissor para futuros exportadores do vetor energético, incluindo os Emirados Árabes Unidos. Essa decisão é parte de um esforço mais amplo para reestruturar sua abordagem energética. Além disso, a Alemanha revisou a sua estratégia de hidrogênio, divulgada em 2020, e está desenvolvendo uma estratégia específica para a importação de hidrogênio, visando a substituição de combustíveis fósseis em setores essenciais como, o transporte marítimo e a aviação.

À medida que a Alemanha visa reestruturar sua abordagem energética, o [Reino Unido](#) enfrenta semelhantes mudanças em sua estratégia de hidrogênio. Em uma reviravolta surpreendente, o governo britânico está considerando abandonar os planos de impor uma taxa anual de £120 às contas domésticas para apoiar o desenvolvimento de hidrogênio de baixo carbono. O Secretário de Energia, Grant Shapps, ressaltou que o hidrogênio não substituirá os aquecedores a gás em residências. Isso reflete uma reavaliação das prioridades, considerando preocupações sobre a penalização dos não usuários de hidrogênio. Essa mudança de direção se apresenta como um reflexo do crescente debate em torno do papel do hidrogênio na economia de baixo carbono no Reino Unido. O país anunciou a intenção de aumentar a sua meta de produção de hidrogênio para 10 GW até 2030, mas ainda enfrenta desafios significativos em relação ao financiamento de projetos de hidrogênio.

Doutro lado, a [Dinamarca](#) elabora planos ambiciosos para aumentar as exportações de hidrogênio renovável para a Alemanha. A Dinamarca pretende executar esses planos com uma estratégia centrada na produção de 15 TWh até 2030, alimentada por turbinas eólicas *offshore*, aproveitando a sua capacidade interna e se tornar um importante fornecedor de hidrogênio renovável para a Alemanha.

# Políticas Públicas e Financiamentos

---

A parceria entre Dinamarca e Alemanha também é evidenciada pela construção planejada de um oleoduto transfronteiriço de hidrogênio, demonstrando assim, uma colaboração estreita entre nações europeias comprometidas com a transição energética.

Os Estados Unidos (EUA) apresentaram a sua [Estratégia Nacional de Hidrogênio Limpo e Roadmap](#) ao delinear uma visão ambiciosa para acelerar a produção, processamento, entrega, armazenamento e utilização desse recurso energético. As metas estabelecidas incluem: produção de 10 milhões de toneladas de hidrogênio limpo por ano até 2030; dobrar esse número até 2040 e atingir a marca de 50 milhões de toneladas até 2050. Tal estratégia visa a redução de 10% das emissões de gases de efeito estufa dos EUA até meados deste século, sinalizando, dessa forma, o comprometimento com a mitigação das mudanças climáticas e a transição para uma matriz energética mais sustentável.

No México, a busca por liderança na indústria do hidrogênio verde gera a expectativa de atrair investimentos significativos em torno de [US\\$ 60 bilhões](#), além de criar cerca de 3 milhões de empregos. No entanto, superar desafios regulatórios, de infraestrutura e tecnológicos são etapas indispensáveis para alcançar esse objetivo. O país reconhece a necessidade de diversificar sua matriz energética, baseada, predominantemente, em petróleo e gás, diante do crescimento populacional projetado para atingir quase 150 milhões até 2050. A demanda por energia irá aumentar substancialmente e o hidrogênio verde surge como uma alternativa mais cara, porém mais alinhada às metas de sustentabilidade de mercados europeus. Superar desafios regulatórios e de certificação é fundamental para garantir competitividade e afirmar a reputação do México como fornecedor confiável de combustíveis de baixo impacto ambiental.

Por outro lado, Israel vem demonstrando compromisso com o hidrogênio verde ao lançar um abrangente [plano nacional](#) para integrá-lo ao cenário energético do país até 2050. Esse plano abrange diversos aspectos, desde pesquisa e desenvolvimento até regulamentações flexíveis e integração global. Projetos de pesquisa e demonstração buscam solucionar certos obstáculos tecnológicos e de eficiência, ao passo que vales regionais de hidrogênio irão abranger toda a cadeia de valor desse recurso energético. A infraestrutura será reforçada com postos de abastecimento dedicados a hidrogênio e produção regional de hidrogênio verde, além do transporte via gasodutos.

# Políticas Públicas e Financiamentos

O governo da Austrália deu mais um passo rumo à promoção da energia verde ao anunciar um novo fundo de hidrogênio de US\$ 2 bilhões como parte de um abrangente pacote de energia verde no valor de [US\\$ 4 bilhões](#). Dessa forma, o país visa impulsionar o avanço dos projetos de hidrogênio renovável. Esse fundo procura oferecer créditos de produção para catalisar projetos iniciais e ampliar a capacidade de eletrolisadores do país até 2030. Além de contribuir para o crescimento do conhecimento e da expertise internos, a Austrália almeja se tornar um ator de peso no cenário global do hidrogênio. Tal iniciativa surge como resposta a esforços semelhantes em outras nações como os Estados Unidos e a União Europeia.

Essas tendências e desenvolvimentos no campo do hidrogênio refletem o dinamismo das estratégias energéticas em todo o mundo. À medida que as nações navegam pelos desafios e oportunidades relacionados ao hidrogênio, o cenário energético global se transforma intensamente e visa buscar soluções mais sustentáveis e de baixas emissões de carbono.

## **Relatório IEA: Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity.**

O relatório avalia a intensidade de emissões de diferentes rotas de produção de hidrogênio e analisa como podem ser utilizadas no desenvolvimento de esquemas de certificação e outras regulamentações. Segundo a IEA (2023), uma visão clara sobre as emissões associadas a produção de hidrogênio pode viabilizar maiores investimentos no setor. A escala de cores do hidrogênio ou o uso de termos como “hidrogênio baixo carbono”, “sustentável” ou “limpo” não deixam claro o potencial de emissão da produção do hidrogênio. A intensidade de emissão do hidrogênio depende da rota tecnológica para produzi-lo. Por exemplo, a emissão do hidrogênio produzido pela eletrólise da água é determinada pela eletricidade utilizada.

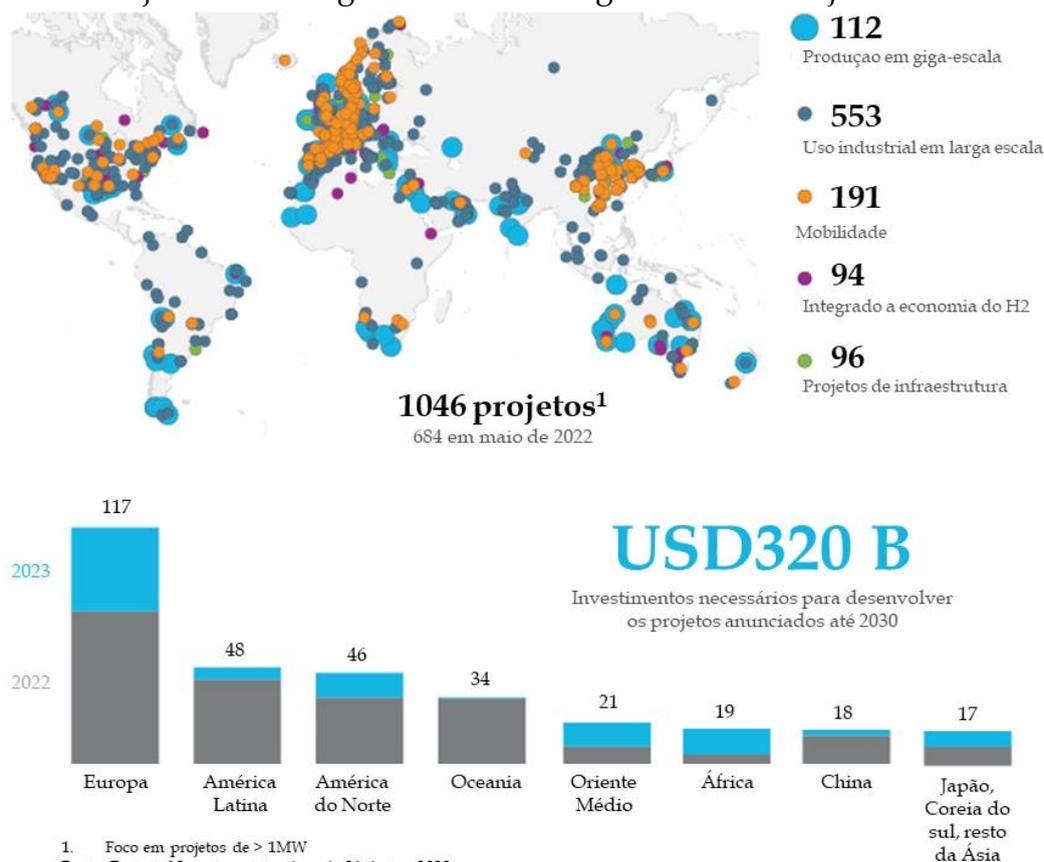
O relatório também aponta que os governos devem definir roteiros para descarbonizar a produção de hidrogênio – tanto nacional quanto importado – segundo as suas circunstâncias nacionais. Além disso, os roteiros devem ter em conta fatores como, a intensidade das emissões, os volumes de fornecimento e a acessibilidade de informações para que a tomada de decisão seja a fim da expansão da produção e da utilização de hidrogênio com baixas emissões.

Para acessar o relatório completo, [clique aqui](#).

# Projetos

Segundo o relatório do [Hydrogen Council \(2023\)](#), 1046 projetos de hidrogênio de grande escala serão anunciados no mundo até o final de janeiro de 2023, conforme demonstrado na Figura 1. Tal expansão representa um aumento de 53% se comparado ao levantamento de maio de 2022. Do total de projetos anunciados, 795 tem como objetivo ser total ou parcialmente comissionados até 2030, representando com isso, investimentos totais de USD 320 bilhões de aplicações diretas na cadeia de valor do hidrogênio até 2030. A Europa continua a ser líder na proposta de projetos de hidrogênio, representando 35% dos investimentos totais, seguida pela América Latina e a América do Norte, cada uma representando 15% dos investimentos totais. Quase metade dos projetos anunciados continuam em estágio inicial, ou seja, não entraram em fase de planejamento ou planejamento avançado, não receberam financiamento governamental ou ainda não foram concluídos.

Figura 1 – Projetos de hidrogênio anunciados globalmente até janeiro de 2023.



Fonte: [Hydrogen Council \(2023\)](#).

# Projetos

---

Os investimentos dos projetos anunciados concentram-se, principalmente, na produção e fornecimento de hidrogênio, seguido por seu uso final e de infraestrutura. Se os projetos anunciados se concretizarem, haverá em 2030 uma produção adicional de 38 milhões de toneladas anuais de hidrogênio, dos quais, dois terços (~66%) serão de hidrogênio renovável e o restante de hidrogênio de baixo carbono ([Hydrogen Council, 2023](#)).

Apesar do anúncio de projetos ressaltar a produção de hidrogênio pela eletrólise da água, outras rotas estão sendo consideradas, como: a reforma do etanol, a produção do hidrogênio a partir da decomposição do metanol e a partir do uso de resíduos. A [PCC Hydrogen](#) irá construir uma planta piloto de hidrogênio para demonstrar sua produção a partir da reforma do etanol em Cloverdale, Indiana, Estados Unidos. O reformador será montado em três plataformas e espera-se que esteja pronto para operar no primeiro trimestre de 2024. A [Emergent Waste Solutions e a Hago Energetics](#) assinaram um memorando de entendimento para desenvolver projetos de hidrogênio limpo. O hidrogênio seria produzido através da decomposição de metanol produzido a partir de biogás.

A [Raven SR](#) recebeu aprovação da *California Environmental Quality Act* para seu projeto de produção de hidrogênio a partir de resíduos de biomassa. O projeto irá utilizar 99 toneladas por dia de resíduos verde e de alimentos para alimentar o processo de reforma a vapor/CO<sub>2</sub> sem combustão. A partir desse processo serão produzidas 2400 toneladas de hidrogênio por ano usadas para abastecer caminhões e veículos de passageiros.

# 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 H<sub>2</sub>, 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 H<sub>2</sub> em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Atividade	Status
Amônia	Espanha	Iberdrola e Trammo	Assinado um acordo de exportação de amônia verde pela União Europeia.	Em andamento
	Europa	Yara Clean Ammonia e a Cepsa	Assinado um acordo para estabelecer a primeira rota marítima de hidrogênio limpo.	Em andamento
Bateria	Canadá	Hexagon Purus	Anunciada a abertura de uma nova instalação de engenharia e fabricação para sistemas de armazenamento de bateria e hidrogênio.	Em andamento
	Estados Unidos	Enervenue	Concluída com sucesso, os testes de segurança da bateria de hidrogênio metálico.	Concluído

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H<sub>2</sub>.

# Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H<sub>2</sub> em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Atividade	Status
Gasoduto	Estados Unidos	Southeast Hydrogen Hub	Solicitação ao Departamento de Energia dos EUA para desenvolver uma rede de hidrogênio verde.	Em andamento
	Alemanha	Bp, Gasunie, além de Nowega, NWO, Salzgitter, Thyssengas e Uniper	Anunciado um projeto que visa alcançar os usuários por meio de gasodutos de gás natural convertidos ou gasodutos de hidrogênio recém-construídos.	Em andamento
		TÜV Rheinland, a Rheinische Netzgesellschaft e a GVG Rhein-Erft	Fornecimento de gás misturado com 20% de hidrogênio para 100 residências em Erftstadt, na Alemanha.	Teste concluído
	Áustria/ Alemanha/ Itália	Ministérios de Energia	Assinada uma carta conjunta em apoio ao desenvolvimento de um "Corredor Sul de Hidrogênio" na União Europeia.	Em planejamento
	Alemanha/ Dinamarca	Energinet e Gasunie	Desenvolver conexão de gasoduto transfronteiriça até 2028.	Em planejamento

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H<sub>2</sub>.

# Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H<sub>2</sub> em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Atividade	Status
Gasoduto	Bélgica	Sweco	Anunciada a construção de um gasoduto de hidrogênio de 70 km na Bélgica.	Em andamento
		Fluxys	Construção do primeiro gasoduto com dupla finalidade.	Em andamento
	Dinamarca	Everfuel A/S, Energinet e Evida	Construção e operação da infraestrutura de dutos de hidrogênio.	Em andamento
	França	Badenova, Terranets BW e GRTgaz	Criação de conexão transfronteiriça de hidrogênio e conversão de linhas de gás existentes para hidrogênio.	Estudo de viabilidade.
	Reino Unido	Fisher German	Fornecimento de consultoria para o East Coast Hydrogen Pipeline (ECHP).	Em andamento
		Wood e SGN	Parceria entre as empresas para acelerar os planos de infraestrutura de transmissão de hidrogênio.	Em andamento

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H<sub>2</sub>.

# Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H<sub>2</sub> em destaque.

Forma de armazenamento	País	Instituição	Atividade	Status
Oleoduto	Empresas	OCI Global e NuStar Energy	As empresas estabeleceram parceria para o transporte de amônia em um novo segmento do sistema de oleodutos da NuStar.	Em andamento
	Finlândia/ Estônia	ABB e a Helen	Criação de um vale transfronteiriço de hidrogênio ao redor do Mar Báltico.	Projeto com duração de 5 anos.
Subaquático	Escócia	Porto de Aberdeen, Subsea 7	Anunciado um projeto para investigar a viabilidade de armazenar hidrogênio debaixo d'água.	Em andamento
Cavernas de Sal	Canadá	Vortex Energy Corp.	Identificação de pelo menos duas estruturas de sal potencialmente adequadas para o armazenamento de hidrogênio.	Concluído
Comprimido	Reino Unido	Luxfer Gas Cylinders	Anunciado o lançamento de um sistema modular de transporte de hidrogênio.	Concluído

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H<sub>2</sub>.

# Armazenamento e transporte

Quadro 2 (Continuação) – Projetos e estudos de armazenamento de H<sub>2</sub> em destaque.

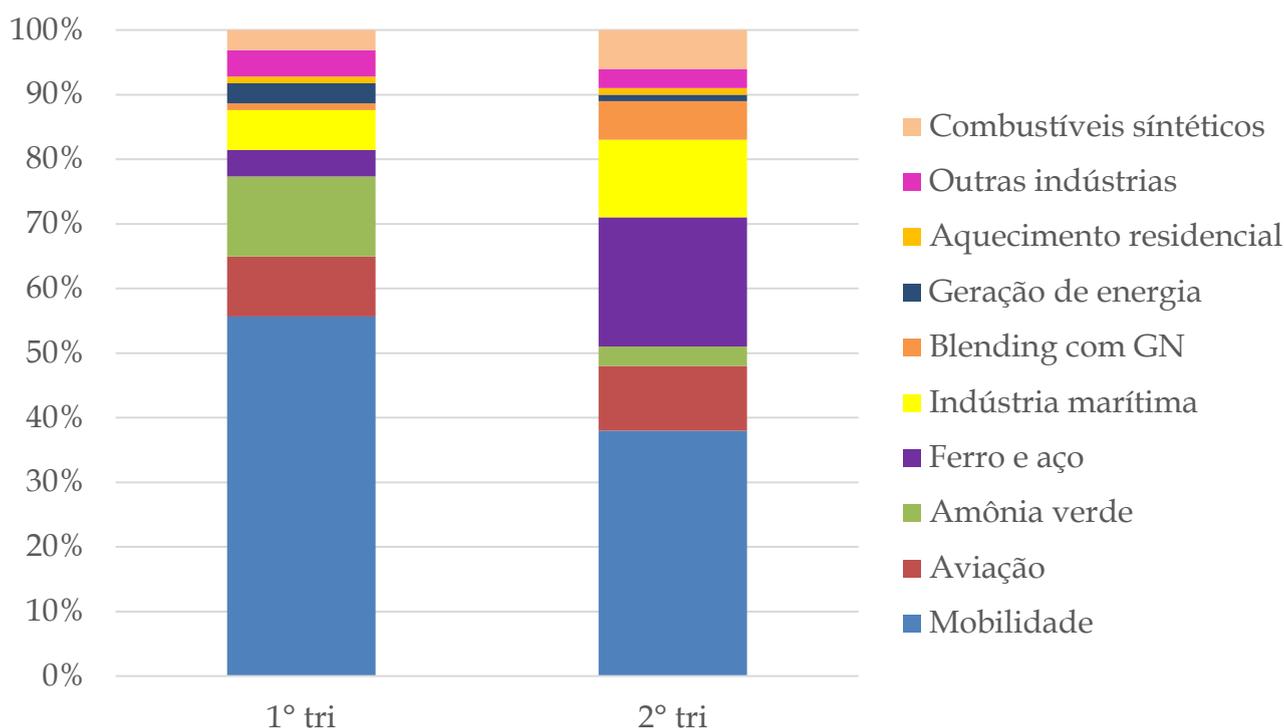
Forma de armazenamento	País	Instituição	Atividade	Status
Líquido	Alemanha	H2Fly	Realizado, com sucesso, os primeiros testes de enchimento de tanque de LH2 em aeronave.	Concluído
	Estados Unidos	SWRI	Instalação de novo tanque de armazenamento de hidrogênio líquido de 16 mil galões.	Em andamento
	Empresas	TotalEnergies, GTT, LMG Marin e Bureau Veritas	As empresas firmaram acordo para desenvolver um conceito de projeto de um navio transportador de hidrogênio líquido em larga escala.	Em estudo
	Brasil/ Holanda	Governos	Assinado um acordo para o transporte de hidrogênio verde para a Europa em navios-tanques.	Em andamento
Carreador orgânico	Estados Unidos	Honeywell	Anunciado o lançamento da tecnologia de transporte de hidrogênio por LOHC.	N/A
	Noruega	Wärtsilä, Höegh LNG e parceiros	As empresas receberam financiamento do governo para desenvolver a amônia como transportador de hidrogênio.	Em andamento
	Arábia Saudita/ Emirados Árabes Unidos/Egito	Magnum Properties, Schneider Eletric e H2 Enterprises	Parceria para implementar o sistema Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) em projeto.	Em andamento

Fonte: Elaborado própria, a partir do IFE H<sub>2</sub>.

# Uso Final

A partir da consolidação e sistematização do conhecimento dos Informativos Setoriais de H2 durante o 2º trimestre de 2023, buscou-se visualizar os avanços internacionais relacionados ao uso final de H2, identificando os tipos de usos finais das iniciativas anunciadas conforme pode ser visualizado na Figura 2.

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



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

Durante o segundo trimestre de 2023 foi notável a mudança dos usos finais em relação ao primeiro trimestre de 2023. Foi observada uma redução de empreendimentos na área de mobilidade elétrica (BOX 1), com 38% do total, com mais da metade relacionada à construção ou entrega de estações de abastecimento. Houve também uma diminuição no anúncio nas iniciativas de síntese de amônia verde. Apesar disso, observa-se um aumento no número de projetos direcionados à fabricação de aço verde (de 4% para 20%), à indústria marítima (6% para 12%) e à produção de combustíveis sintéticos (3% para 6%).

# Uso Final

As iniciativas concentradas no setor de aviação demonstram o forte interesse em elaborar uma infraestrutura aeroportuária livre de emissões e incentivar a produção de combustível sustentável (SAF), além de incentivos à produção de aeronaves prontas para a transição energética (BOX 2).

**BOX 1: Kawasaki, Suzuki, Honda e Yamaha colaboram no desenvolvimento de motores a hidrogênio para mobilidade urbana na Índia** A Kawasaki Motors, a Suzuki Motor Corporation, a Honda Motor Co. e a Yamaha Motor Co. obtiveram aprovação do Ministério da Economia, Comércio e Indústria para formar uma associação de pesquisa tecnológica chamada HySE (Hydrogen Small Mobility & Engine Technology) para desenvolver motores a hidrogênio para mobilidade urbana. Os membros da HySE continuarão a estreitar suas relações colaborativas para oferecer uma variedade de opções de mobilidade urbana aos usuários e atender às diversas necessidades dos usuários, contribuindo assim, para a construção de uma economia de baixo carbono. As principais áreas de pesquisa e desenvolvimento e o papel de cada empresa incluem: pesquisa sobre motores a hidrogênio; pesquisa sobre desenvolvimento baseado em modelos de motores a hidrogênio (Honda); estudo dos elementos sobre funcionalidade, desempenho e confiabilidade dos motores a hidrogênio (Suzuki); pesquisa prática utilizando motores a hidrogênio reais em termos de funcionalidade, desempenho e confiabilidade (Yamaha Motor, Kawasaki Motors); estudo sobre o sistema de abastecimento de hidrogênio; entre outros.

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

## **BOX 2: Parceria entre Sasol e Topsoe para acelerar a produção global de SAF usando hidrogênio verde e biomassa**

A Sasol e a Topsoe estabeleceram uma *joint venture* para produzir combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) e contribuir para a redução das emissões de carbono. A parceria visa desenvolver plantas de produção de SAF utilizando tecnologias avançadas e fontes não fósseis, como hidrogênio verde e biomassa. O objetivo é escalar a produção de SAF e oferecer soluções que atendam às demandas futuras do mercado. A iniciativa faz parte dos esforços para tornar o setor de aviação mais sustentável e mitigar as mudanças climáticas.

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

# Uso Final

O transporte marítimo foi responsável por quase 3% das emissões de CO<sub>2</sub> causadas pelo homem ao nível global em 2018 e, aproximadamente, 11% das emissões de CO<sub>2</sub> de transporte ao longo do ciclo de vida em 2020. Entre 2012 e 2018, as emissões de CO<sub>2</sub> do transporte marítimo aumentaram 10%, conforme o Quarto Estudo de Gases de Efeito Estufa da IMO. As emissões de metano cresceram 145% no mesmo período em razão do rápido crescimento do uso de gás natural como combustível marítimo. Sem ação política adicional, espera-se que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do transporte marítimo aumentem 16% entre 2018 e 2030 e alcancem a marca de 50% até 2050

A IMO tem como meta reduzir as emissões de GEE em 50% até 2050, em comparação com os níveis de 2008. O hidrogênio e a tecnologia de células a combustível pode ser uma alternativa para aplicações marítimas, especialmente em rotas mais longas e com embarcações maiores. No futuro, o hidrogênio pode se tornar mais competitivo em termos de custo e sua eficiência, em comparação com motores de combustão interna tradicionais, torna essa tecnologia mais atraente. No curto prazo, é possível utilizar sistemas de hidrogênio para embarcações menores com oportunidades frequentes de abastecimento. Para embarcações maiores, sistemas de células a combustível podem ser instalados para fornecer energia com zero emissão durante as paradas nos portos, embora haja desafios relacionados à infraestrutura e disponibilidade de combustível. A longo prazo, com o crescimento da produção de hidrogênio renovável e do desenvolvimento da infraestrutura portuária, as células a combustível podem se tornar uma opção viável para alimentar embarcações marítimas sem emissões prejudiciais, além de reduzir os níveis de ruído e vibração. No entanto, é necessário inovar para enfrentar os desafios de infraestrutura e tornar essa tecnologia mais acessível e viável para toda a indústria

## **Empresas firmam parceria para uma estação de hidrogênio para embarcações movidas a hidrogênio**

A KITZ fornecerá um conjunto completo de equipamentos para uma instalação de abastecimento em uma estação de hidrogênio. A estação é destinada ao abastecimento de rebocadores equipados com motores de combustão de duplo combustível de hidrogênio em fase de P&D pela JPN H2YDRO CO., LTD. A estação de hidrogênio será construída no Hydrogen Engine R&D Center e será usada para abastecer rebocadores e outras embarcações equipadas com motores de hidrogênio. Mangueiras serão conectadas da estação em terra a uma ilha flutuante onde as embarcações podem atracar e abastecer. A KITZ fornecerá seus conjuntos patenteados que integram válvulas e outros equipamentos-chave para estações de hidrogênio, combinando suas tecnologias de controle de fluidos e hidrogênio de alta pressão.

# Tecnologia e Inovação

---

No Brasil, pesquisadores do Centro de Pesquisa para Inovação em [Gases de Efeito Estufa](#) (RCGI) estão desenvolvendo uma tecnologia revolucionária que visa aumentar consideravelmente a produção de hidrogênio verde. Através da técnica de fotólise – que envolve a divisão de moléculas de água em hidrogênio e oxigênio usando luz – os cientistas brasileiros conseguiram aumentar em até 30 vezes a eficiência da produção. O elemento-chave dessa abordagem é o uso de semicondutores, garantindo uma estabilidade excepcional e permitindo experimentos que se estendem por até 100 horas. Esse avanço tem implicações profundas, tornando o hidrogênio verde mais competitivo ao ampliar suas aplicações em produtos de alto valor agregado. Além disso, esses pesquisadores exploram o uso dos semicondutores na produção de derivados de CO<sub>2</sub>, como etanol, metanol ou metano, oferecendo vantagens significativas, especialmente para setores como o sucroenergético.

Nos Estados Unidos, o [SLAC National Accelerator Laboratory](#), em colaboração com universidades como Stanford, Oregon e Manchester Metropolitan, está revolucionando a extração de hidrogênio da água do mar. Através de membranas duplas e eletricidade, o centro de estudos conseguiu gerar hidrogênio de maneira eficiente, evitando a produção excessiva de subprodutos prejudiciais. Essa forma de extrair hidrogênio é promissora, uma vez que, fornece soluções de combustível de baixo carbono para uma ampla gama de aplicações, desde redes elétricas até veículos e infraestruturas.

Na indústria siderúrgica, a [Cleveland-Cliffs Inc.](#) atingiu um marco histórico ao injetar hidrogênio em um alto-forno para produção de ferro-gusa limpo. Isso não apenas evidencia a viabilidade dessa abordagem inovadora – que substitui parte do coque por hidrogênio, reduzindo assim, a emissão de CO<sub>2</sub> – mas também destaca o papel do hidrogênio como catalisador para transformações ecologicamente conscientes em indústrias pesadas. Simultaneamente, a Universidade do Kansas e o Laboratório Nacional de Brookhaven estão desbravando caminhos para a [produção de hidrogênio](#) puro a partir de fontes renováveis de energia. Ao decifrar os mecanismos de reação de catalisadores de "separação de água", eles não apenas pavimentam o caminho

# Tecnologia e Inovação

---

para uma produção mais limpa de hidrogênio, mas também abrem portas para aplicações mais amplas na indústria química.

Esses esforços são complementados por iniciativas globais que buscam integrar o hidrogênio de forma mais sustentável em diversas indústrias. No [Japão](#), montadoras líderes como Kawasaki, Suzuki, Honda e Yamaha estão colaborando para desenvolver motores movidos a hidrogênio, superando desafios técnicos e visando opções de mobilidade mais limpas. No [Reino Unido](#), a Universidade de Nottingham está explorando o design de veículos refrigerados movidos a hidrogênio, contribuindo para a eficiência e redução de emissões na cadeia de alimentos.

A Escócia está emergindo como um epicentro de inovação e avanços no campo do hidrogênio verde e tecnologias relacionadas. A [Heriot-Watt University](#) lançou um novo Centro de Inovação em Hidrogênio Verde. O edifício *Hydrogen Works*, recentemente inaugurado, servirá como palco para colaborações em projetos industriais e pesquisas centradas no hidrogênio. Tal parceria abrangerá desde geradores de energia limpa até infraestrutura de abastecimento de última geração e sistemas de energia avançados para a indústria pesada.

Além disso, cientistas da computação da Universidade de Aberdeen, em colaboração com a Intelligent Plant, estão impulsionando a produção de hidrogênio na Escócia através de um projeto inovador de [inteligência artificial](#) (IA). Nesse empreendimento, a IA será empregada para desenvolver um Sistema de Suporte à Decisão (DSS) capaz de lidar com desafios na produção de hidrogênio. Esse sistema visa auxiliar a Escócia a atingir sua meta ambiciosa de instalar 5 GW de capacidade de produção de hidrogênio até 2030, correspondendo a um sexto das necessidades energéticas do país. O projeto também conta com a parceria do Centro Europeu de Energia Marinha (EMEC) e é financiado pelo Fundo de Tecnologias Emergentes de Energia do Governo Escocês.

# Considerações Finais

---

Após a análise, evidencia-se um forte avanço no desenvolvimento de políticas públicas e incentivos para impulsionar o mercado de hidrogênio no Brasil, principalmente ao nível estadual. Além disso, observa-se, um número significativo de iniciativas e projetos que buscam desenvolver infraestruturas para o armazenamento, transporte e distribuição do hidrogênio. Com destaque para as iniciativas, que visam o uso industrial do hidrogênio limpo para descarbonizar os setores *hard-to-abate*.

Com os avanços nas políticas públicas para o hidrogênio, aumenta-se a segurança para o desenvolvimento de iniciativas e projetos pilotos no setor. Assim, avaliando a cadeia de valor do hidrogênio desde a produção até o uso final, percebe-se o papel fundamental das políticas públicas e de financiamento para proporcionar o desenvolvimento da demanda e da oferta desse mercado. Além disso, existe desenvolvimento de novas pesquisas no que tange ao armazenamento de H<sub>2</sub>, que contribuem diretamente para experiências de desenvolvimento de novos usos para o hidrogênio, bem como a ampliação da pública e redução de custos.

De maneira geral, deve-se destacar o quanto a economia de hidrogênio vem se desenvolvendo. Os crescentes investimentos atrelados a projetos de P&D e à implementação de projetos piloto impulsionarão o mercado do hidrogênio para que as metas climáticas sejam alcançadas.



# GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

## Observatório de Hidrogênio



@geselufrj